



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO



ELAINE BARBOSA DE SOUZA

VIABILIDADE DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NA AGRICULTURA IRRIGADA
NA CULTURA DO MAXIXE E APLICAÇÃO COMO TEMA TRANSVERSAL NO
ÂMBITO EDUCACIONAL

SÃO CRISTÓVÃO/SE

2019

ELAINE BARBOSA DE SOUZA

**VIABILIDADE DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NA AGRICULTURA IRRIGADA
NA CULTURA DO MAXIXE E APLICAÇÃO COMO TEMA TRANSVERSAL NO
ÂMBITO EDUCACIONAL**

Dissertação apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal de Sergipe.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Gregório Guirado Faccioli

SÃO CRISTÓVÃO/SE

02/2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S729v

Souza, Elaine Barbosa de
Viabilidade do uso de água residuária na agricultura irrigada na cultura do maxixe e aplicação como tema transversal no âmbito educacional / Elaine Barbosa de Souza ; orientador Gregório Guirado Faccioli. – São Cristóvão, SE, 2019.
88 f. : il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2019.

1. Sustentabilidade e meio ambiente. 2. Água - reuso. 3. Ensino médio - Transversalidade. I. Faccioli, Gregório Guirado, orient. II. Título

CDU: 502/504:628.179.2

ELAINE BARBOSA DE SOUZA

**VIABILIDADE DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA NA AGRICULTURA
IRRIGADA NA CULTURA DO MAXIXE E APLICAÇÃO COMO TEMA
TRANSVERSAL NO ÂMBITO EDUCACIONAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal de Sergipe.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2019, pela banca examinadora constituída pelos seguintes
membros:



Dr. Gregório Guirado Faccioli


Universidade Federal de Sergipe Presidente - Orientador



Prof. Dr. Inajá Francisco de Souza –

Universidade Federal de Sergipe Examinador interno



Prof. Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho –
Universidade Federal de Sergipe Examinador externo

Profª. Drª. Márcia Valéria Gaspar de Araújo –
Faculdade Pio Décimo Examinador externo

SÃO CRISTÓVÃO/SE

02/2019

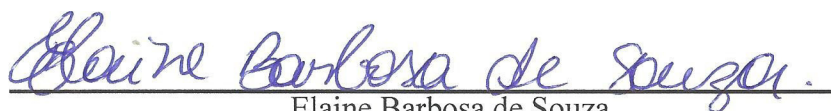
Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



Dr. Gregorio Guirado Faccioli

Orientador Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.



Elaine Barbosa de Souza

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe – UFS



Dr. Gregório Guirado Faccioli

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente –
PRODEMA Universidade Federal de Sergipe – UFS

Dedicatória

À minha família

Força integral, amor incondicional, e perseverança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente ao meu orientador Profº Dr. Gregório Guirado Faccioli por acreditar e confiar no meu trabalho, pela compreensão em todos os momentos. E a sua equipe de pesquisa pela dedicação e parceria durante o experimento.

À minha mãe Maria Helena por seu amor e incentivo durante todo o tempo, à minha filha Maria Gabriela por entender as minhas ausências, e nos momentos difíceis fortalecer-me com seu carinho.

Agradeço de todo o meu coração à minha Profª Drª Márcia Valéria Gaspar de Araújo, pois, o início dessa trajetória acadêmica se deu, na graduação onde fiz meus primeiros experimentos no laboratório de orgânica sob a supervisão e ensinamentos dessa incomparável mulher.

Ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe – PRODEMA/UFS por toda estrutura e apoio no andamento e conclusão do mestrado.

A CAPES pelo auxílio financeiro por meio de bolsa de estudo/mestrado.

A Deus acima de tudo.

RESUMO

A irrigação é o maior consumidor de água do mundo, em torno de 75% e sabemos que os efluentes domésticos têm nutrientes essenciais para desenvolvimento das plantas. Então o foco da pesquisa foi a utilização de uma água de esgotamento doméstico com tratamento inicial de lagoas de estabilização para suprir as necessidades hídricas de algumas culturas, vislumbrando a sustentabilidade e a racionalidade do uso da água. Diante da precariedade de disponibilidade de água no mundo, este estudo buscou contribuir com pesquisas nesse campo, enfatizando o reuso da água na agricultura irrigada, potencializando meios eficazes para a economia de água potável. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a viabilidade do reuso de água residuária provenientes de um sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização na agricultura irrigada da cultura do maxixe, visando a otimização de recursos naturais. A presente pesquisa realizou-se em ambiente protegido agrícola do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe. A água residuária foi coletada semanalmente na ETE do Bairro Rosa Elze, localizada no Município de São Cristóvão/SE. As variáveis microbiológicas da cultura foram determinadas pelo Instituto Tecnológico de Pesquisa de Sergipe (ITPS), os resultados obtidos nas análises das amostras submetidas dos três tratamentos – T1, T2, T3, estas atenderam aos limites estabelecidos. Com os resultados apresentados nesta pesquisa, torna-se recomendável o reuso de água inicialmente tratada proveniente da lagoa de estabilização, aos agricultores, em até 100% da irrigação na cultura do maxixe. No projeto educativo a pesquisa foi aplicada de campo, o método utilizado foram as metodologias ativas de ensino e aprendizagem em que teve como foco a pedagogia da problematização. Para que fosse aplicada a Transversalidade no Ensino Médio, utilizou-se uma turma da 1ª série do Ensino Médio da Escola Estadual Professor Hamilton Alves Rocha, aplicando a metodologia no conteúdo separação de misturas. De acordo com os resultados observou-se que a utilização das metodologias ativas foi relevante e bastante produtiva, percebeu-se o interesse e aprendizado diante das discussões, debates e avaliações realizadas entre os pesquisados.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Reuso, Transversalidade.

ABSTRACT

Irrigation is the largest water consumer in the world, around 75% and we know that domestic effluents have essential nutrients for plant development. So the focus of the research was the use of domestic sewage water with initial treatment of stabilization ponds to supply the water needs of some crops, with a view to sustainability and rational use of water. Given the precarious availability of water in the world, this study sought to contribute to research in this field, emphasizing the reuse of water in irrigated agriculture, potentiating effective means for saving drinking water. The objective of this research was to evaluate the viability of the reuse of wastewater from a sewage treatment system by stabilization ponds in irrigated agriculture of the maxixe crop, aiming at the optimization of natural resources. The present research was carried out in an agricultural protected environment of the Department of Agronomic Engineering of the Federal University of Sergipe. The wastewater was collected weekly in the ETE of the Rosa Elze neighborhood, located in the Municipality of São Cristóvão / SE. The microbiological variables of the culture were determined by the Technological Research Institute of Sergipe (ITPS), the results obtained in the analyzes of the samples submitted from the three treatments - T1, T2 and T3, which met the established limits. With the results presented in this research, it is recommended the reuse of initially treated water from the stabilization pond, to the farmers, in up to 100% of the irrigation in the culture of the maxixe. In the educational project the research was applied in the field, the method used were the active teaching and learning methodologies in which the pedagogy of problematization was focused. In order to apply the Transversality in High School, a group of the 1st grade of the High School of the State School Professor Hamilton Alves Rocha was used, applying the methodology in the content separation of mixtures. According to the results, it was observed that the use of the active methodologies was relevant and quite productive, it was noticed the interest and learning in the discussions, debates and evaluations carried out among the researched ones.

KEYWORDS: Sustainability, Reuse, Transversality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ambiente protegido utilizado no experimento (UFS/DEA).....	35
Figura 2- Instalação da Estação Meteorológica Automática.....	36
Figura 3- Coleta e monitoramento dos dados da estação meteorológica.....	37
Figura 4- Temperatura do ambiente diária durante o experimento.....	38
Figura 5- Umidade relativa do ar diária durante o experimento.....	38
Figura 6- Radiação solar diária durante o experimento.....	39
Figura 7- Valor da Evapotranspiração de referência, diário durante o experimento....	39
Figura 8- Adulbos utilizados no cultivo do maxixe.....	40
Figura 9- Mudas do maxixe.....	41
Figura10- Vasos com mudas transplantadas.....	41
Figura 11- Lagoa de estabilização Rosa Elze/São Cristóvão.....	42
Figura 12- Coleta de efluente para irrigação.....	42
Figura 13- Coleta de efluente para análise microbiológica.....	43
Figura 14- Análise da água de torneira no ambiente protegido.....	43
Figura 15- Colocação dos tutores.....	44
Figura 16- Flor do maxixeiro abortando.....	45
Figura 17- Floração Macho do Maxixeiro	45
Figura 18- Floração Fêmea do Maxixeiro.....	45
Figura 19- Produção dos maxixes nos 3 tratamentos.....	46
Figura 20- Diâmetro longitudinal do maxixe.....	46
Figura 21- Diâmetro transversal do maxixe.....	47
Figura 22- Peso do maxixe.....	47
Figura 23- Medição do diâmetro da haste com paquímetro.....	48
Figura 24- Medição do comprimento da haste com trena simples.....	48
Figura 25- Hastes e folhas na estufa.....	49
Figura 26- Pesagem da massa seca.....	49
Figura 27- Maxixes identificados e levados para ITPS.....	49
Figura 28- Escola Estadual Professor Hamilton Alves Rocha.....	50
Figura 29- Exercício de sondagem.....	51
Figura 30- Alunos respondendo exercício de sondagem.....	52
Figura 31- Explicação sobre a lagoa de estabilização e reuso de efluente.....	53
Figura 32- Amostras de efluente.....	53

Figura 33- Visita a Lagoa de estabilização.....	54
Figura 34- Questionário Avaliativo: 1ª e 2ª questão.....	55
Figura 35- Questionário Avaliativo: 3ª, 4ª e 5ª questão.....	56
Figura 36- Questões correspondentes ao exercício de sondagem.....	64
Figura 37- Respostas do discente (A) ao questionamento de sondagem.....	64
Figura 38- Respostas do discente (B) ao questionamento de sondagem.....	65
Figura 39- Respostas do discente (C) ao questionamento de sondagem	65
Figura 40- Questões correspondentes ao exercício de avaliação.....	67

LISTA DE TABELA

Tabela 1- Médias dos dados meteorológicos coletados no período da irrigação.....	38
Tabela 2- Quantidades dos produtos utilizados na adubação.....	40
Tabela 3- Características da Lagoa da Estabilização do Rosa Elze.....	41
Tabela 4- Descrição e proporção dos tratamentos.....	42
Tabela 5- Resultados das análises físico-química da água da Deso e do Efluente.....	57
Tabela 6- Relação entre salinidade e condutividade elétrica.....	58
Tabela 7- Resultados dos Análises dos Coliformes Termotolerantes do Efluente.....	59
Tabela 8- Média do comprimento e espessura das hastes principais das plantas.....	60
Tabela 9- Média do número total de folhas	60
Tabela 10- Média da massa seca total das plantas calculadas por tratamento.....	60
Tabela 11- Média dos dados do desenvolvimento final dos frutos.....	60
Tabela 12- Resultado do teste de tukey para o peso do maxixe.....	61
Tabela 13- Resultado do teste de tukey para o diâmetro do maxixe.....	61
Tabela 14- Análises Microbiológicos do Maxixe.....	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	ESTADO DA ARTE	17
2.1	Sustentabilidade	17
2.1.1	Reuso de água	20
2.1.2	Legislação	27
2.2	Transversalidade e os PCNs.....	30
2.3	Cultura do Maxixe	33
3	METODOLOGIA	35
3.1	Caracterização da área de estudo	35
3.2	Condução do experimento	36
3.2.1	Higienização da área experimental.....	36
3.2.2	Instalação da Estação Meteorológica Automática	36
3.2.3	Estimativa da demanda hídrica.....	37
3.2.4	Plantio e desenvolvimento das plantas.....	39
3.2.5	Análise agrônômica da cultura.....	46
3.2.6	Análise microbiológica da cultura.....	49
3.3	Aplicação do Projeto de Campo	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
	REFERÊNCIAS	69
	ANEXOS.....	78
	ANEXO A- Resultados microbiológicos dos frutos e do efluente	79
	ANEXO B- Resultados Análises físico-química água da Deso e Efluente.....	87
	ANEXO C – Autorização da escola para aplicação do projeto.	88

1 INTRODUÇÃO

Um dos recursos naturais que está diretamente ligado a vida é a água. Sobre tudo é o recurso que alimenta a humanidade em todos os seguimentos. Desde sua presença bioquímica nos seres vivos até o meio direto ou indireto da subsistência da humanidade. Entretanto a água doce é limitada, por esse motivo, uma grande preocupação com a escassez do recurso hídrico, despertou numa parte da sociedade, principalmente na comunidade científica a busca por medidas mitigatórias de média e longo prazo que possibilite novas formas de oferta de água doce.

Um agravante que influencia na problemática da escassez de água, é o esgotamento dos aquíferos devido à extração excessiva. Conforme a World Meteorological Organization (WMO, 1997), o consumo mundial de água cresceu mais que o dobro da taxa de crescimento da população, e continua a crescer rapidamente com a elevação de consumo dos setores agrícola, industrial e residencial.

Com a distribuição de água cada vez mais complexa e minimizada para a sociedade, se observa maior dificuldade nas cadeias produtivas de mercado que dependem exclusivamente da água para sua produção. Portanto é importante a criação de organizações que desenvolvam estratégias em condições favoráveis para conservação e uso racional desse bem.

As perspectivas para os próximos anos no que se refere à água e alimentos não se mostram favoráveis e nem tão pouco otimistas. O crescimento populacional e econômico tende a provocar um aumento no consumo de água em todos os cenários (PNUMA, 2004). Portanto, como a demanda pela água continua sempre a aumentar, o retorno das águas servidas e o seu reuso vem se tornando um componente fundamental no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos em todas as regiões. Conforme explica Florêncio et al (2006, p.2) “No entanto, o problema do balanço oferta versus demanda por recursos hídricos não é um problema somente das regiões áridas e semiáridas, pois os conflitos de uso da água também se notam em outras regiões, inclusive os que dispõem de recursos hídricos com oferta significativa”.

Nesse contexto destaca-se o reaproveitamento ou reuso de água tratada como uma das soluções para determinados fins em que o objetivo seja tanto para diminuir o desperdício de água quanto uma forma de aumentar a disponibilidade de água doce para o consumo prioritário humano. Sabe-se que o reuso de água não é novidade, pois, muitos países possuem técnicas e

utilizam o uso da água residuária tratada ou não. Contudo o uso de esgotamento doméstico é utilizado há muito tempo, pois esse foi um meio eficaz que se encontrou de aumentar a oferta de água, além dos benefícios de sustentabilidade e economia.

Visto que, a agricultura é responsável por cerca de 70% do consumo de água doce e, na maioria dos países subdesenvolvidos, esse índice chega a 90% (FAO, 1992). O que indica maior percentual de consumo de água quando comparado aos setores doméstico e industrial. O problema da deficiência hídrica juntamente com o crescimento populacional, estima-se que o consumo mundial da agricultura aumentará 20% até 2050 (WWAP, 2016).

Portanto, investir em pesquisas sobre tratamento e posterior reuso de águas residuárias na agricultura é a garantia do contínuo processo de desenvolvimento sustentável que possibilitará a manutenção de todos os setores que necessitam de água. As técnicas utilizadas para o tratamento de águas residuárias no meio agrícola no Brasil, ainda não fazem parte da propagação e aceitação pelos agricultores. Embora há um aumento de especialistas em elaboração de projetos nesta área e de eventos de divulgação dos benefícios destas tecnologias, mesmo assim, a dificuldade em convencer a grande maioria das pessoas principalmente da utilização dessas águas tratadas (SANTOS FILHO, 2013)

Frente ao problema ambiental relacionado diretamente aos motivos que geram a escassez hídrica, também se enfrenta o problema de conscientização ambiental, no qual para esta pesquisa faz-se importante relacionar as causas e possíveis alternativas de soluções no âmbito da educação. Para tanto a água, permeia de maneira concreta como um dos eixos que devem ser trabalhados dentro dos Temas Transversais, sendo possível abranger os seguintes Temas: Meio Ambiente e Saúde.

A presente pesquisa visou aprofundar o Tema Transversal Meio Ambiente, pois trata-se de destacar a importância do reuso de águas residuárias, a qual têm por principal objetivo o uso sustentável da água. Assim, é importante divulgar e envolver no âmbito da educação as problemáticas existentes na atualidade, principalmente no que se refere a água, pois este se apresenta como um tema transversal de suma importância e bastante relevante para ser levado e discutido em sala de aula, visto que o problema de escassez de água é atual e mundial.

Perante o exposto o problema da pesquisa se fez na utilização de uma água de esgotamento doméstico com tratamento inicial de lagoas de estabilização para suprir as necessidades hídricas de algumas culturas, ou seja, a pesquisa vislumbra a sustentabilidade e a racionalidade do uso da água.

Diante da situação precária de disponibilidade de água no mundo, sabendo-se que a irrigação está entre os maiores consumidores de água, como hipótese apontada neste estudo busca-se contribuir com as pesquisas nesse campo, construindo artigos para publicações, dando ênfase ao reuso da água direcionada à agricultura irrigada, potencializando meios eficazes para a economia de água potável, além de divulgar a informação nas escolas de ensino médio através de aulas de química, conscientizando os alunos sobre o reuso da água residuária tendo como foco a certeza da possibilidade e a eficiência no âmbito da sustentabilidade, pois sabemos que através da educação pode-se sensibilizar a sociedade quanto a preservação do meio ambiente.

O objeto de estudo nesta pesquisa foram culturas agrícolas utilizadas pelos agricultores familiares do Estado de Sergipe que utilizam água de primeira qualidade durante a irrigação. O desenvolvimento agrônomo dessas culturas com irrigação utilizando água residuária foi avaliado em condições ambiente protegido, para permitir estabelecer recomendações para os agricultores. O objetivo geral desta pesquisa foi, portanto, avaliar a viabilidade do reuso de água residuária provenientes de um sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização na agricultura irrigada visando a otimização de recursos naturais. E os objetivos específicos foram a verificação da influência da utilização de águas residuárias tratada como fonte hídrica nas características agrônômicas, microbiológicas da cultura do maxixe, e aplicar a Transversalidade no contexto Meio Ambiente e Saúde para alunos do ensino médio a ser desenvolvido através de aulas de química.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Sustentabilidade

As ações conscientes do homem para com os elementos provenientes da natureza, são imprescindíveis para que haja uma qualidade de vida no futuro próximo e importantes para que se estabeleça a preservação das condições naturais do meio ambiente.

O conceito de sustentabilidade está conectado diretamente a Ecologia por estar associado à capacidade de recomposição e regeneração dos ecossistemas (SACHS, 1993). Isto é, a sustentabilidade vem daquilo que é sustentável, na qual incorpora o significado de manutenção e conservação (BARBIERI, 2009).

A ideia de Sustentável indica algo capaz de ser suportável, duradouro, conservável, apresentado uma imagem de continuidade. A conscientização para a adoção deste conceito torna-se primordial, pois segundo Van Bellen (2006, p. 24).

[..] deve assegurar que a vida humana possa continuar indefinidamente, com crescimento e desenvolvimento da sua cultura, observando-se que os efeitos das atividades humanas permaneçam dentro das fronteiras adequadas, de modo a não destruir a diversidade, a complexidade e as funções do sistema ecológico de suporte à vida.

O século XX foi testemunha de transformações significativas em todas as dimensões da existência humana. E, com vistas ao tema sustentabilidade, na década de 90 eclodiram pelo mundo conferências, seminários, e vários encontros, dos quais o de maior expressão, foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), no ano de 1992, sediada no Brasil, mais precisamente no Rio de Janeiro, e contou com a participação de 179 países a qual ficou conhecido como Rio/92, ECO/92.

Segundo Bitencourt (2012, p. 44) a Rio/92 foi um período decisivo: “ou ficar com um modelo político vigente ou mudar o rumo melhorando a qualidade de vida dos pobres e protegendo o meio ambiente, para alcançar um futuro melhor”.

A CNUMAD apresentou como resultado a validação de documentos que envolveram declarações de princípios e a Agenda 21, que foi considerada uma das mais relevantes. A Agenda 21 se consolidou como um processo de planejamento participativo que analisa a situação atual de um País, Estado, Município e/ou Região, de forma a planejar o futuro destes

de maneira sustentável, pois de acordo com Barbieri (2009, p. 60) “a Agenda 21 é uma espécie de manual para orientar as nações e suas comunidades nos seus processos de transição para uma nova concepção de sociedade”.

Para essa nova concepção é necessário entender que o ser humano precisa conscientizar-se de que a qualidade de vida é uma opção de uma relação saudável e equilibrada com o próprio ambiente e com os outros ambientes. O homem é um agente de mudanças e explora exaustivamente os recursos naturais em prol do seu bem-estar deteriorando a qualidade do meio ambiente.

Nesse contexto (SACHS, 2003, GUIMARÃES, 1994 apud BARBIERI, 2009, NEVES, 2011), apresentam a sustentabilidade distribuída nas principais dimensões: sustentabilidade ecológica, sustentabilidade ambiental, sustentabilidade social, e sustentabilidade política.

Conforme Guimarães (1994, p. 18-24), as dimensões da sustentabilidade são apresentadas da seguinte maneira:

Sustentabilidade ecológica, referente à base física do desenvolvimento e à manutenção dos estoques de recursos naturais incorporados às atividades produtivas; sustentabilidade ambiental, que se relaciona com a capacidade da natureza de absorver as ações antrópicas e se recompor; sustentabilidade social, concernente ao melhoramento da qualidade de vida da população, o que significa resolver os graves problemas de desigualdade e exclusão social que caracterizam a região latino-americana; e, finalmente, sustentabilidade política associada aos processos de construção da cidadania e à incorporação plena das pessoas nos processos de desenvolvimento. (*Grifo nosso*)

Todas as dimensões da sustentabilidade requerem métodos eficientes de desenvolvimento, desde ação governamental até a conscientização populacional, pois, desenvolver é uma necessidade humana, assim como a natureza e seus caracteres. Mas ao averiguar o decorrer da história da humanidade, percebe-se, infelizmente, na coexistência de ambos, natureza e desenvolvimento, a degradação da natureza em benefício do desenvolvimento.

Por isso mesmo, há a necessidade de desenvolvimento de mecanismos que permitam a sistematização de uma cultura de sustentabilidade em todas as dimensões, mas, principalmente na dimensão ecológica, a qual está inserida o manejo racional dos recursos naturais, destacando neste estudo a *água*.

Ao longo dos últimos 50 anos, com a expansão da população urbana e o crescimento do desenvolvimento industrial e tecnológico, as poucas fontes disponíveis de água doce do planeta estão comprometidas ou correndo sério risco. De acordo com World Resources Institute (WRI,

2000), quase a metade da população mundial enfrenta problemas de escassez de água, principalmente no que se refere à disponibilidade de fontes superficiais.

O panorama atual aponta claramente para muitos países que não têm água suficiente para atender à demanda e, por consequência, é comum o esgotamento dos aquíferos devido à extração excessiva. Conforme a World Meteorological Organization (WMO, 1997), o consumo mundial de água cresceu mais que o dobro da taxa de crescimento da população, e continua a crescer rapidamente com a elevação de consumo dos setores agrícola, industrial e residencial. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2004), associado a isso, a escassez de água é acompanhada por uma deterioração de sua condição de qualidade devido à poluição e à degradação ambiental.

O problema da escassez de água está cada vez mais forte, visto que o Brasil possui a maior reserva de água do mundo, porém com o crescimento populacional, a demanda de água para uso na indústria, o aumento da quantidade de água utilizada na agricultura juntamente com outros fatores naturais como a escassez da chuva e o aquecimento global, tudo isso associado aos problemas de qualidade da água, o reuso da água torna-se uma alternativa potencial para racionalização desse bem natural. Portanto convém que para acompanhar toda essa problemática que envolve o aumento da demanda de água futuro seja incentivado o uso das estações de tratamento de água residuária, e que através da purificação dessa água de esgotamento doméstico seja efetivamente mais uma alternativa para oferta de água doce.

Segundo Bertoncini (2008, p. 153) “A demanda por água potável e conflitos pelos usos múltiplos da água, especialmente na região Sudeste do Brasil, vem pressionando a tomada de decisões que envolvam o tratamento de água, esgoto e resíduos, assim como o aproveitamento dos efluentes tratados”. Atualmente descarte e reutilização são dois pontos fortes em discussões nos congressos, seminários e fóruns relacionados ao tema água. Contudo um dos motivos a ser considerado neste estudo como solução seria a maneira de descarte de esgotamento doméstico. Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2017, p. 9),

O déficit de atendimento dos serviços de esgotamento sanitário no Brasil tem resultado em parcela significativa de esgotos sem tratamento e sem destinação adequada, por vezes dispostos diretamente nos corpos d'água, comprometendo a qualidade das águas para diversos usos, com implicações danosas à saúde pública e ao equilíbrio do meio ambiente.

Consideravelmente o despejo da água residuária quando lançada diretamente aos rios, provoca danos irreversíveis ao meio ambiente. Contribuindo com a poluição direta nos mananciais afetando as vidas aquáticas além de reduzir a oferta de água potável para a sociedade

entre tantos outros fatores negativos que são provocados nas comunidades que vivem ou sobrevivem nas margens desses rios por sua vez afetados.

O esgotamento sanitário é um dos serviços de saneamento que mais necessitam de análises e propostas para o encaminhamento de soluções, principalmente quando nos voltamos para a gestão hídrica. O déficit de coleta e tratamento de esgotos nas cidades brasileiras tem resultado em uma parcela significativa de carga poluidora chegando aos corpos d'água, causando implicações negativas aos usos múltiplos dos recursos hídricos ANA (2017, p.14).

Dessa forma considera-se que as estações de tratamento de esgotos – ETEs, são estruturas consolidadas para realizar o processo de purificação da água de esgotamento doméstico com eficiência para a reutilização em vários setores principalmente com a condição de reuso não potável dessa água. E ainda evita toda a contaminação dos rios, pois, afirma a ANA (2017) que o despejo de águas residuárias nos efluentes sem tratamento adequado, contamina o corpo receptor inviabilizando o consumo dessa água.

2.1.1 Reuso de água

Visando que as perspectivas para os próximos anos no que se refere à água e alimentos não se mostram favoráveis e nem tão pouco otimistas. O crescimento populacional e econômico tende a provocar um aumento no consumo de água em todos os cenários (PNUMA, 2004). Portanto, como a demanda pela água continua sempre a aumentar, o retorno das águas servidas e o seu reuso vem se tornando um componente fundamental no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos em todas as regiões, sendo áridas ou úmidas. A utilização das águas servidas para propósitos de uso não potável, como na agricultura, representa um potencial a ser explorado em substituição à utilização de água tratada e potável (BEEKMAN, 1996).

Por meio do planejamento integrado dos recursos de águas naturais e de águas servidas, a reutilização pode propiciar suficiente flexibilidade para o atendimento das demandas de curto prazo, bem como, assegurar o aumento da garantia no suprimento de longo prazo. Assim, o reuso de água para diversos fins, sobretudo o da irrigação, surge então como alternativa para aumentar a oferta de água, garantindo economia do recurso e racionalização do uso desse bem.

São vários os países que aderiram o sistema de reuso de água há muito tempo, e segundo Hespanhol (2002) tem sido favorável principalmente para a economia e a sustentabilidade desses países, como por exemplo, em 1994 a África publicou pesquisas afirmando que desde 1968 já utilizava um sistema operante de reuso de água residuária, e diante da epidemia de doenças diarreicas e de hepatite A, da época, foram realizados estudos epidemiológicos que, mostraram que tais doenças não estavam relacionadas com a água de reúso. Algumas cidades do Japão, como Tóquio, Fukuoka, Aomori e Ooita, desde 1987, fazem o tratamento de esgotos doméstico e utilizam para fins urbanos não potáveis. Assim como a Ásia também realiza a prática do reuso urbano não potável com água residuária tratada. (HESPANHOL, 2002)

Outro exemplo, seria Albacete cidade da Espanha que foi palco de um experimento, em 1999, Castro et al, provou com 72 tipos de plantas, especificamente no cultivo de hortas, que a água residuária contém nutrientes que favorecem o crescimento da planta, além de ser um meio eficaz para reuso da água, aumentando a quantidade disponível de água doce e tratada e contribuindo com a sustentabilidade no meio ambiente.

De acordo com a ANA (2014), Israel, já enfrentou anos consecutivos de seca e escassez de água, e com isso tornou-se um grande exemplo global. Na batalha para diminuir a crise hídrica no país, construiu 225 reservatórios para recolhimento de água pluvial e água de reúso, os quais são utilizados até os dias atuais. Como também “da cidade de Jerusalém são bombeados 10.000 m³ ano⁻¹ de efluentes de lodo ativado tratados para a área de Gaza, a uns 51 km da cidade. A água servida é utilizada para irrigar, aproximadamente, 1.800 há de algodão e 600 há de cereais por ano” (Balashe Yalon, 1973; Water Renovation and Reuse, 2003; apud Costa e Barros Junior, 2005).

Assim também, Segundo Hespanhol (2002), o México utiliza água de esgotamento doméstico para reuso agrícola, com dados de referência de 1985, destaca o sistema de lagoa de estabilização como principal meio utilizado para devidos fins na irrigação da agricultura. Além disso, afirma que desde 1987, Bangladesh, Índia, Indonésia e Peru, utilizam apenas água de esgotos como única fonte de alimentos para a produção de peixes na aquicultura.

No Brasil, “o reuso tem sido incentivado como forma de minimizar a escassez de água potável e a degradação de mananciais causada pelo despejo direto de esgotos e resíduos”. Bertoni (2008, p. 153). Porém, o país ainda está em fase inicial na efetivação da regulamentação e da técnica, com grande potencial de crescimento. O processo de legislativo

deu início com a Lei n.º 9.433 de 1977 que começou a ser regulamentada, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, na Resolução n.º 54 de 28 de novembro de 2005, estabelecendo as modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, onde se destaca: a proposição dos mecanismos de cobrança e aplicação dos recursos da cobrança para a criação de incentivos na prática de reuso a serem geridos pelos Comitês de Bacia Hidrográfica e a determinação de que devem ser incentivados e promovidos programas de capacitação, mobilização social e informação quanto à sustentabilidade do reuso, em especial os aspectos sanitários e ambientais (BRASIL, 2005).

Passados 5 anos desta, foi publicada a Resolução n.º 121 de 16 de dezembro de 2010, estabelecendo diretrizes e critérios para a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, determinando que a prática não pode apresentar riscos ou causar danos ambientais e a saúde pública, com específica preocupação com o solo, ao prescrever que as concentrações recomendadas de elementos e substâncias químicas neste, para todos os tipos de reuso para fins agrícolas e florestais, são os valores de prevenção que constam da legislação pertinente e que a caracterização e o monitoramento periódico do solo que recebe a água de reuso serão realizados de acordo com critérios definidos pelo órgão ou entidade competente (BRASIL, 2010).

O que vai de encontro a A AGENDA 21 (SITARZ, 1994), que dedicou importância especial ao reuso, recomendando aos países participantes da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública de grupos de risco, com práticas ambientais adequadas. Porém há de se estabelecer que as águas de menor qualidade, tais como esgotos, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água (HESPANHOL, 2003; 2008).

Há diversas possibilidades de reuso, sendo o urbano, o industrial e a agrícola suas formas mais significativas. Os maiores potenciais de reuso urbano não potável são: irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol e golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias; irrigação de jardins ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais; reserva de proteção

de incêndios; controle de poeira em movimentos de terra; sistemas decorativos aquáticos como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água; descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais; lavagem de trens e ônibus públicos.

Entretanto, no mundo, estima-se que 70% da água utilizada é destinada à irrigação agrícola (BROWN, 2002; CÂMARA; SANTOS, 2002), onde os percentuais restantes cabem principalmente ao consumo urbano e industrial. Em face dessa situação, o reuso planejado de águas é uma alternativa potencial de racionalização desse bem natural, e este teve entre 1950 a 1998 um incremento de aproximadamente 45 vezes (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 1999). Assim, a agricultura depende atualmente de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais. Esta condição crítica é fundamentada no fato de que o aumento da produção não pode mais ser efetuado através de mera expansão de terra cultivada. Os maiores benefícios dessa forma de reuso são associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (Hespanhol, 2003).

De acordo Hespanhol (2003) a água é considerada um recurso renovável, através do ciclo hidrológico, limpo e seguro, já que sua reciclagem é feita de forma natural; em função disso a água uma vez poluída pode ser recuperada e reusada para fins benéficos quando sua qualidade for mantida por meio de um tratamento adequado e seguro. Sendo assim, o reuso passou a ser palavra chave em termo de gestão nas áreas com baixa disponibilidade de água ou insuficiência em recursos hídricos, como nas regiões áridas e semiáridas onde a água se tornou um fator limitante para os desenvolvimentos dos setores industriais, urbano e principalmente agrícola.

Hespanhol (2003; 2008) destaca a importância de institucionalizar, regulamentar e promover o reuso de água no Brasil, incentivando-se que a prática se desenvolva de acordo com ferramentas tecnológicas adequadas, economicamente viável, socialmente aceita e segura, em termos de preservação ambiental e de proteção dos grupos de riscos envolvidos. As possibilidades e formas de reuso dependem das características, condições e fatores locais, como decisões políticas, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

São inúmeros os benefícios da água de reuso proveniente do tratamento de esgotos utilizada na agricultura, estudos desenvolvidos em diversos países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente com o emprego de esgotos tratados (BRAATZ; KANDIAH, 1996; HESPANHOL, 2003). Contudo, Bartone e Arlosoroff (1987) destacam que o aumento de produtividade não é, portanto, o único benefício do reúso, uma vez que se torna possível ampliar a área irrigada dada a disponibilidade de água e, quando as condições climáticas permitem, efetuar colheitas múltiplas praticamente ao longo de todo o ano. Pode-se ainda mencionar a possibilidade de substituição parcial de fertilizantes químicos, pois a água residuária fornece um teor de nitrogênio que pode exceder a quantidade recomendada a ser provida via fertilização química, durante períodos de tempo similares (FEIGIN et al., 1978 apud MEDEIROS et al., 2008; HERPIN et al., 2007), resultando na diminuição do impacto ambiental, em função da redução da contaminação e poluição dos cursos de água, além da economia do volume de água potável direcionada para a irrigação, assim o reúso da água é consolidado como um fator importante para a gestão dos recursos hídricos. A reciclagem agrícola de resíduos urbanos e industriais atende ao novo paradigma de desenvolvimento sustentável, combinando eficiência ecológica e viabilidade econômica. Afinal, os custos de produção da atividade agropecuária são altos e é necessário encontrar alternativas para reduzi-los e aumentar a renda do produtor rural (ZUIN; QUEIROZ, 2006). Por isso, a utilização desta prática atende aos quesitos básicos de um desenvolvimento sustentável, combinando a viabilidade econômica com a eficiência ecológica (SOUSA et al., 2006).

Como visto por Paganini (2003) a aplicação de efluentes no solo é uma forma de grande eficácia no controle da poluição e uma alternativa viável para o aumento da disponibilidade hídrica, principalmente em regiões áridas e semiáridas, permitindo maiores benefícios nos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública. E que o reuso da água transforma um subproduto da atividade humana, indesejável e até nocivo, em um produto útil, proporcionando, além disso, outros benefícios como a elevação do valor nutricional das plantas. Entretanto, a utilização destes efluentes deve ser constantemente monitorada, para que não haja contaminação do sistema (solo-água-plantas). Arelado ao monitoramento necessita-se de sistemas de tratamento antes mesmo da aplicação do efluente. O tratamento envolve a aplicação de processos de separação de misturas do tipo sólido-líquido e, também, a desinfecção. Em alguns casos, podem-se aplicar tratamentos que envolvam uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos (COSTA; BARROS JÚNIOR, 2005).

Assim, a economia do uso da água na expectativa do não desperdício, a forma adequada de descarte e a inserção de práticas do reúso de maneira que seja sustentável e segura para a saúde pública, tornam-se fatores viáveis para que ocorra o aumento da disponibilidade de água para devidos fins necessários. Entretanto afirma Hespanhol (2015, p. 81) “atualmente, as soluções para tornar o abastecimento de água sustentável em regiões com estresse hídrico incluem o reúso de água para fins potáveis[...]”.

A Unesco em 2016 reafirma que “Mundialmente, a agricultura é responsável por cerca de 70% do total do consumo de água doce e”, complementa “na maioria dos países subdesenvolvidos, esse índice chega a 90%” (FAO, 2011a). Esse fato leva a consolidar a importância do uso de água residuárias tratada independente em qual setor seja, além de confirmar o crescimento do mercado da água de reuso, principalmente para fins agrícolas e industriais.

Para Freitas et al (2012, p. 27) “O uso de água residuária na irrigação agrícola propicia a reciclagem dos nutrientes presentes no esgoto doméstico, a redução do uso dos fertilizantes comerciais e minimiza os impactos ambientais pela não deposição das águas residuárias nas calhas dos rios”. Utilizar água residuária tratada na agricultura irrigada representa metodologia efetiva e sustentável, cuja aplicação da água de esgotamento doméstico no solo é uma forma eficaz de controle da poluição, principalmente porque “evita a descarga de esgotos em corpos de água; permite a conservação do solo, através da acumulação de húmus e aumenta a resistência a erosão” Hespanhol, (2002, 2003). Além de ser uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica, em regiões áridas e semiáridas (Hespanhol, 2005).

Concordando com Sousa et al (2006, p. 90) quando descreve que “A prática do reuso planejado de águas residuárias domésticas na agricultura, vem sendo apontada como excelente medida para atenuar o problema da escassez hídrica no semiárido, especificamente nas áreas circunvizinhas às cidades”. Como também os grandes centros urbanos apresentam dificuldades em despejar e tratar corretamente a água residuária, o que, muitas vezes, provoca o escoamento irregular, ameaçando o potencial hídrico das cidades e até a saúde da população. É a partir do tratamento dessas águas que se torna possível extrair nutrientes que auxiliam as técnicas de fertilização do solo, garantindo inclusive, a recuperação dos rios contaminados (SOUZA, 2011).

Segundo a Unesco (2016, p. 5) “A utilização da água nos municípios pode representar até 35% do total da água consumida em alguns países (Jiménez Cisneros and Asano, 2008a). O reúso da água para irrigação é a estratégia mais comum para a reciclagem das águas residuais”. Com efeito as águas de esgotamento doméstico é uma das principais fontes viáveis para esse reaproveitamento.

Segundo WHO (1989) O método mais adequado para tratamento de água de esgotamento doméstico, no qual o principal seguimento de utilização seja a produção de efluentes para direcionar à agricultura irrigada e se adequando aos padrões exigidos são os sistemas que as Lagoas de Estabilização oferecem. Isso contribui para o desenvolvimento da produção agrícola em regiões que tem pouca ou nenhuma disponibilidade hídrica (FAO, 2003). Com efeito positivo quando se utiliza “a prática da fertirrigação com água residuária de origem doméstica na cultura de diferentes espécies agrícolas, dentre elas a do milho. Porém, observa-se certa resistência em relação à prática de reciclagem desses resíduos na agricultura”. Malafaia et al (2013, p. 2268).

Sendo que “para a agricultura, o reuso de efluentes fornece, além de água, alguns nutrientes de plantas. Entretanto, o uso de resíduos em solos deve ser constantemente monitorado, para que não haja contaminação do sistema solo-água-planta” Bertoncini (2008, p. 163).

Na última edição da OMS (WHO, 2006) foram adotados procedimentos que ultrapassam o estabelecimento de diretrizes para o tratamento de águas residuárias objetivando o reuso em atividades agrícolas e aquicultura. Diversos dispositivos de tratamento de esgotos são utilizados para remoção de matéria orgânica e microrganismos patogênicos, porém, através de estudos realizados, foi constatada a elevada eficiência em sistemas compostos por lagoas de estabilização, onde são reconhecidas por excelente remoção, dentre outros parâmetros, de microrganismos fecais, sendo, portanto propícias ao tratamento de águas residuária quando o reuso na agricultura é considerado. Lagoas de estabilização possuem ainda grande vantagem de ser o único sistema natural de acordo com as diretrizes estabelecidas pela OMS (WHO, 2006) tanto para a irrigação restrita, bem como irrestrita, principalmente sendo observada a remoção de microrganismos patogênicos.

Um efeito negativo que pode ocorrer é o acúmulo de poluentes no solo, dependendo das características dos esgotos, a prática da irrigação por longos períodos, pode levar à

acumulação de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos, e ao aumento significativo de salinidade, em camadas insaturadas. Para evitar essa possibilidade, a irrigação deve ser efetuada com esgotos de origem predominantemente doméstica (MOTA; BEZERRA; TOMÉ, 1997).

Segundo WHO (1989 apud BENETTI, 2006), estudos epidemiológicos sobre irrigação com esgoto não tratados ou tratados inadequadamente em culturas agrícolas resulta em risco elevado de aquisição de doenças intestinais por vermes e bactérias, sendo baixo, contudo, o risco com relação a vírus. Contudo, a Food and Agriculture Organization (FAO, 1992), destaca que a maioria desses riscos é decorrente de tratamentos insuficientes das águas residuária, o que expõe a saúde dos trabalhadores envolvidos na irrigação e os consumidores dos alimentos produzidos.

Diante desse contexto é possível afirmar que a Legislação vigente sobre o reúso no Brasil e em vários países “é inexistente, muito branda ou muito restritiva. Faltam estudos que evidenciem quais as taxas seguras de aplicação para cada cultura e quais os reais danos que cada contaminante podem ocasionar ao sistema solo-água-planta” (Tavares 2016, p. 35). Com isso se faz importante verificar algumas leis brasileiras, alguns de seus respectivos artigos e mencionar reguladores institucionais para se constatar a necessidade de ampliação neste ambiente de direitos e deveres para com este recurso natural que tratamos neste estudo.

2.1.2 Legislação

A água é um bem de domínio público, reconhecido como recurso natural limitado e de valor econômico; estas são as principais fundamentações em que a Lei nº 9.433/97 se baseia, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) para que a gestão administrativa e suas competências sejam atribuídas e gerenciadas de maneira regular pelos órgãos federais (BRASIL, 1997).

Os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos garantem para as gerações atuais e futuras disponibilidades de água em padrões de qualidade adequados além da utilização racional com vistas a sustentabilidade. Além disso, uma gestão sistemática e adequada que

atenda às diversidades ambientais, sociais e culturais regionais do país para uma integração articulada desse recurso tendo em vista o uso coletivo desse bem comum (BRASIL, 1997). Contudo o inciso IV que foi incluído pela Lei nº 13.501, de 2017, visa incentivar e promover a a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais. (BRASIL, 2017)

Dentre os instrumentos do PNRH, destaca-se neste estudo, os Planos de Recursos, a Outorga dos Direitos de uso desses recursos e o Sistema de informação sobre Recursos Hídricos.

O Art. 6 da Lei 9.433/97, descreve, os Planos de Recursos são planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos além de gerenciar os recursos hídricos. Através de diagnósticos, análises de metas e construção de medidas e propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas a proteção dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Enquanto que o regime de outorga de direito de uso de recursos hídricos segundo BRASIL (1997) objetiva assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. Assim como no inciso III do Art. 12 da Lei 9.433/97 afirma que o lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, está sujeito a outorga pelo Poder Público.

Ainda sob a Política Nacional de Recursos Hídricos no Art. 33 integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) nos quais participam o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; A Agência Nacional de Águas (ANA); os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os Comitês de Bacia Hidrográfica; os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de Recursos Hídricos a as Agências de Água.

A participação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos ocorre de maneira efetiva e permanente na busca de soluções para situações que emergem as problemáticas atuais que envolvem a água, seja a escassez, o armazenamento, ou quaisquer outros fatores sobre os recursos hídricos nacionais. Este Conselho é composto por representantes dos Ministérios e Secretarias da Presidência da República, indicados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos que por sua vez devem promover articulação do planejamento de recurso hídrico com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários, assim como analisar

propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos como também acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas.

Outro regulador importante é a ANA, criada pela Lei nº 9.984/2000 como entidade federal sendo responsável pela coordenação do sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, implementa e coordena a gestão compartilhada e integrada dos recursos Hídricos além de regular o acesso a água e promover o seu uso sustentável em benefício da atual e das futuras gerações (ANA, 2014).

De acordo com o Art. 38 da Lei 9.433/97 os Comitês de Bacia Hidrográfica são responsáveis em promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos, além de aprovar e acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia. Os comitês da Bacia Hidrográfica serão dirigidos por um presidente e um Secretário, eleitos dentre seus membros segundo o Art. 40 desta Lei (BRASIL, 1997).

Nesse contexto, diante do crescimento populacional a demanda de água cresce impreterivelmente, com isso há necessidade urgente de tratamento de esgotos doméstico, para proteção da saúde pública e preservação dos mananciais (RIGO et al, 2014). No Brasil a Resolução do CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), define diretrizes e fiscaliza padrões da água, delimitando valores para qualidade de cada tipo específico de água, porém não tem como objetivo principal a regulamentação voltada para efluentes. Por sua vez, revogado pela Resolução 430/2011 CONAMA que faz observações criteriosas com o descarte de rejeitos e define efluente como termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos, e estes somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis, assim descreve o Art. 3º (BRASIL, 2011).

O tratamento de água residuária é uma alternativa que minimiza os impactos gerado pelos efeitos adversos que os efluentes causam quando são lançados diretamente ao meio ambiente. A Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) são alternativas tecnológicas que vem sendo primordiais e ecologicamente correta além de contribuir com a Política de Recursos Hídricos e o Conselho Nacional do Meio Ambiente. Porém segundo a Resolução 430/2011 os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo

receptor desde que observem as condições e padrões previstos no inciso I e II do Art. 16 os quais especificam parâmetros de pH, temperaturas, óleos e gorduras além de parâmetros inorgânicos (BRASIL, 2011).

O CONAMA dispõe no capítulo III diretrizes para gestão de efluentes, onde declara que os responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos devem realizar auto monitoramento dos efluentes através de coletas de amostras e análises periódicos de efluentes líquidos que devem ser realizados por laboratórios acreditados pelo Instituto Nacional de Meteorologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO ou em laboratórios aceitos pelo órgão ambiental competente (BRASIL, 1986).

As leis e normas atuais apresentam fragilidades diante da busca por um cenário positivo quando se trata de preservação e manutenção adequada tanto para com os rios e mananciais como para com os instrumentos de distribuição e reservatórios de água. Nesse sentido percebe-se a necessidade urgente de caracterizar a escassez de água como problemática atual e que precisa de atenção governamental para os recursos e soluções adversas que os pesquisadores veem descobrindo e experimentando em laboratórios e declarando como soluções encontradas para minimizar o impacto que a falta desse recurso natural que é a água vem causando a sociedade em geral, e, numa perspectiva de futuros agravantes por conta da escassez, se faz necessário e um tanto urgente incluir essa temática nos contextos disciplinares das escolas, no intuito de levar informações e provocar o interesse dos alunos no âmbito das discussões positivas buscando novas propostas para minimizar a problemática da escassez de água doce.

2.2 Transversalidade e os PCNs

A palavra transversal no dicionário português refere-se a aquilo que cruza, que atravessa determinado ponto referente. Através do significado da palavra transversal compreende-se a inserção dos Temas Transversais nos Parâmetros Curriculares Nacionais proposta do Ministério da Educação e Desporto (MEC) do Brasil, desde 1995. Pois, são temas que apresentam valores importantes para sociedade, promovem discursões relacionadas diretamente a cidadania e o bem-estar da humanidade. “Por tratarem de questões sociais, os Temas Transversais têm

natureza diferente das áreas convencionais. Sua complexidade faz com que nenhuma das áreas, isoladamente, seja suficiente para abordá-los” (BRASIL, 1997, p. 29).

Assim, “o conceito de transversalidade é uma excelente contribuição para pensar a noção de educação em rede [...] que vai ao encontro da pedagogia libertária dialógica proposta por Paulo Freire” (GOMEZ, 2009, p. 8).

Segundo Brasil (1997, p. 24) “a contribuição da escola, portanto, é a de desenvolver um projeto de educação comprometida com o desenvolvimento de capacidades que permitam intervir na realidade para transformá-la”. A partir da transversalidade se faz possível envolver tais discussões importantes para as transformações na sociedade. Desde que, haja o compromisso de todos os educadores envolvidos, desde o sistema da gestão política escolar, passando pelos professores e complementando com a família, sujeitos que fazem parte da formação integral do cidadão, buscando assim interligar a escola à vida das pessoas. Conforme ressalta Bernardes (2010, p. 180) “Com a Transversalidade, busca-se um novo diálogo permanente em sala de aula e fora dela, onde professores, estudantes e comunidade criam um ambiente de educação conjunta”.

Assim, os Temas Transversais revelam uma possibilidade de proposta com significado amplo e voltado para as questões problemáticas da realidade, em que interfere e modifica a educação sistematizada, com conteúdos obrigatórios e limitados a carga horária escolar, com debates críticos na busca de intervir a realidade com soluções voltados para os problemas vivenciados na atualidade e visualizados para as próximas gerações. De modo que, concordando com Almeida (2006, p. 6)

As temáticas transversais favorecem, dentro desse modelo educacional, a formação integral da pessoa e a construção de uma sociedade mais justa, mais humana e solidária, o que não seria possível alcançar apenas com a mera exposição dos conteúdos das disciplinas, sem conexão com o contexto sociocultural, com o mundo ao nosso redor. Através dos Temas Transversais a escola estará cumprindo sua função social que é formar cidadãos autônomos para o exercício de sua cidadania.

Segundo Gomez (2009, p. 6) “os temas transversais busca-se veicular valores e os professores contribuem com sua autonomia e sentido crítico [...], nesse aspecto, refere-se à metodologia que organiza e promove conceitos, atitudes e procedimentos”.

Nesse sentido os PCNs dispõem um conjunto de temas proposto em seu documento, que recebeu o Título geral de Temas Transversais, indicando uma metodologia proposta para sua

inclusão no currículo e no seu tratamento didático. São eles: Ética, Meio Ambiente, Pluralidade Cultural, Saúde e Orientação Sexual. E todos esses temas, segundo os PCNs possuem urgência social, abrangência nacional, possibilidade de ensino e aprendizagem no ensino fundamental além de favorecer a compreensão da realidade e a participação social (BRASIL, 2000).

Visto que os PCNEM propõem a integração dos conhecimentos-habilidades-valores relativos as relações da química com a sociedade e o meio ambiente, dentre outros. E como competência básica as Orientações curriculares para o ensino médio (Brasil, 2006, p. 115) implementa:

- reconhecimento de aspectos relevantes do conhecimento químico e suas tecnologias na interação individual e coletiva do ser humano com o ambiente;
- compreensão e avaliação da ciência e da tecnologia química sob o ponto de vista ético para exercer a cidadania com responsabilidade, integridade e respeito;
- desenvolvimento de atitudes e valores compromissados com o ideal de cidadania planetária, na busca de preservação ambiental do ponto de vista global e de ações de redução das desigualdades étnicas, sociais e econômicas;
- desenvolvimento de ações engajadas na comunidade para a preservação ambiental.

Neste estudo trataremos sobre o tema transversal *Meio Ambiente*, pois trata-se de destacar a importância da água e do “reuso de águas residuárias”, a qual têm por principal objetivo a sustentabilidade. Pois, segundo Diniz e Tomazello (2005, p. 80) “No caso do Tema Transversal Meio Ambiente a educação tem o objetivo de formar alunos com visão múltipla, complexa e dinâmica do espaço, inter-relacionando as partes com um todo [...]”.

Educação Ambiental, como Tema Transversal, “postula-se dentro de uma concepção de construção interdisciplinar do conhecimento e visa à consolidação da cidadania, a partir de conteúdos vinculados ao cotidiano e aos interesses da maioria da população” (BARBOSA, 2008, apud SANTOS E SILVA 2010).

O que reforça o descrito no artigo 3º, VI da Política Nacional de Educação Ambiental, que compete à sociedade como um todo, manter atenção permanente à formação de valores, atitudes e habilidades que propiciem a atuação individual e coletiva voltada para a prevenção, a identificação e a solução de problemas ambientais (BRASIL, 1999).

Nesse aspecto a transversalidade faz uma conexão direta com as metodologias ativas, que segundo Borges e Alencar (2014, p. 120) podem ser entendidas como

Formas de desenvolver o processo do aprender que os professores utilizam na busca de conduzir a formação crítica de futuros profissionais nas mais diversas áreas. A utilização dessas metodologias pode favorecer a autonomia do educando, despertando a curiosidade, estimulando tomadas de decisões individuais e coletivas, advindos das atividades essenciais da prática social e em contextos do estudante.

A partir dessa discussão que envolve a sustentabilidade x reuso de águas no aspecto social, escolheu-se a cultura do maxixe como experimento a ser realizado para a obtenção de dados científicos na expectativa que a cultura escolhida seja alvo positivo da influência do uso da água residuária tratada no seu cultivo, além de ser propício na prática da inserção da transversalidade em sala de aula.

2.3 Cultura do Maxixe

O maxixe faz parte de um grupo de legumes em que pertence à família das Curcubitaceae. De origem africana o maxixe (*Cucumis anguria* L.), chegou ao Brasil há cerca de 300 anos por ocasião do tráfico dos escravos africanos. Atualmente faz parte da cultura brasileira que se adaptou principalmente por apresentar em seu cultivo boa produção nas regiões de clima quente. O Norte e Sudeste do Brasil são regiões de grande produção do maxixe, porém, o Nordeste brasileiro é a maior área do cultivo desta espécie (RESENDE, 1999; MODOLO, 2003).

Os tipos de cultivares encontrados são o maxixe comum ou caipira, o maxixe do norte (com espículos) e o maxixe japonês (sem espículos), além do maxixe paulista (que é o cruzamento do *cucumis anguria* x *cucumis longipes*). Em geral, dentre as características do maxixe se percebe o sabor amargo sendo que o cultivo brasileiro se destaca por produzir maxixe sem amargor e com grandes variações quanto ao tamanho do fruto e do espículo, principalmente no maxixe paulista que apresenta em média 70g e ausência de espículos (MODOLO, 2003).

Apesar de ser uma planta rústica, os seus frutos são utilizados na alimentação humana, sendo consumidos cru em saladas, cozidos na forma de ‘maxixadas’ e de pickles, (RESENDE, 1999). O maxixe mostra-se favorável para o consumo em conserva.

A cultura do maxixe desenvolve-se muito bem no clima quente, conforme citado anteriormente, e o Nordeste apresenta clima quente e seco praticamente o ano inteiro, portanto bastante favorável para o cultivo. Mesmo em épocas de seca ou escassez hídrica pode-se utilizar técnicas de irrigação, e assim se obter um excelente resultado no cultivo do maxixe.

“O maxixe é pouco exigente em solo, porém adapta-se melhor àqueles arenosos, leves e soltos. Quanto a sua fertilização, muitos produtores não realizam adubações, isso porque ele

se beneficia de resíduos de nutrientes aplicados anteriormente” (OLIVEIRA et al 2010, p. 218). A colheita se inicia aos 50-70 dias após a semeadura, prolongando-se por um período médio de 3 meses ou mais (RESENDE, 1999, MODOLO, 2003, OLIVEIRA et al, 2010).

Segundo Medeiros (2010, p. 18) “A maturidade fisiológica da semente e o momento ideal de sua colheita estão intimamente relacionados, promovendo a preservação da qualidade fisiológica da semente após a colheita”. Além disso, o amadurecimento do fruto é acompanhado por várias características presente no maxixe no período de desenvolvimento da planta, entre outros, o tamanho dos frutos e a mudança de coloração dos frutos. Porém existe uma desuniformidade nessas características que dificulta estabelecer o tempo certo do amadurecimento do maxixe (MEDEIROS, 2010, p. 18).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (Figura 1) situado na Universidade Federal de Sergipe, em São Cristóvão/Sergipe, no Departamento de Engenharia Agrônômica (DEA), numa localização geográfica de 10°55'46''S latitude e 37°06'13''O longitude, a uma altitude de 8 m. O ambiente protegido possui modelo teto arco simples que é de fácil construção, apresentando manutenção de custo relativamente baixo, além de um alto coeficiente de aproveitamento de raios solares e praticidade na colocação do plástico (CARVALHO, 2013), e sua estrutura possui 12,20 m de comprimento, 5,30 m de largura, e com pé direito de 3,00 m, a cobertura estrutural feita de polietileno transparente de baixa densidade com 0,10 mm de espessura que minimizam os impactos provocados pelos temporais e chuvas, as laterais do ambiente protegido são de telas que protegem as culturas e facilita a circulação do ar.

Figura 1- Ambiente protegido utilizado no experimento (UFS/DEA).



Fonte: Acervo do autor, 2018

3.2 Condução do experimento

3.2.1 Higienização da área experimental

O ambiente protegido foi preparado com ampla limpeza, antecedendo a organização do local para o início da experimentação, na qual foi removido todo o material existente que possivelmente afetaria o processo completo do experimento, preservando assim qualquer intervenção externa no processo de semeadura e irrigação da cultura.

3.2.2 Instalação da Estação Meteorológica Automática

A estação meteorológica foi instalada no interior do ambiente protegido (conforme observa-se na figura 2), e armazenou dados referentes do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento, os quais foram necessários para a estimativa da demanda hídrica da cultura do maxixe.

Figura 2- Instalação da Estação Meteorológica Automática



Fonte: TAVARES, B. R. S. D. 2014.

3.2.3 Estimativa da demanda hídrica

Para a estimativa da demanda hídrica da cultura, foi utilizada a metodologia proposta pelo documento FAO 56 (ALLEN, 1998), ou seja, as variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa, radiação e velocidade do vento) foram monitoradas (Figura 3) diariamente o que deu suporte à estimativa da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith e o coeficiente de cultivo foi estabelecido em função da fase fenológica da cultura, o valor inicial estabelecido foi de 0,6000.

Figura 3- Coleta e monitoramento dos dados da estação meteorológica.



Fonte: Acervo do autor, 2018

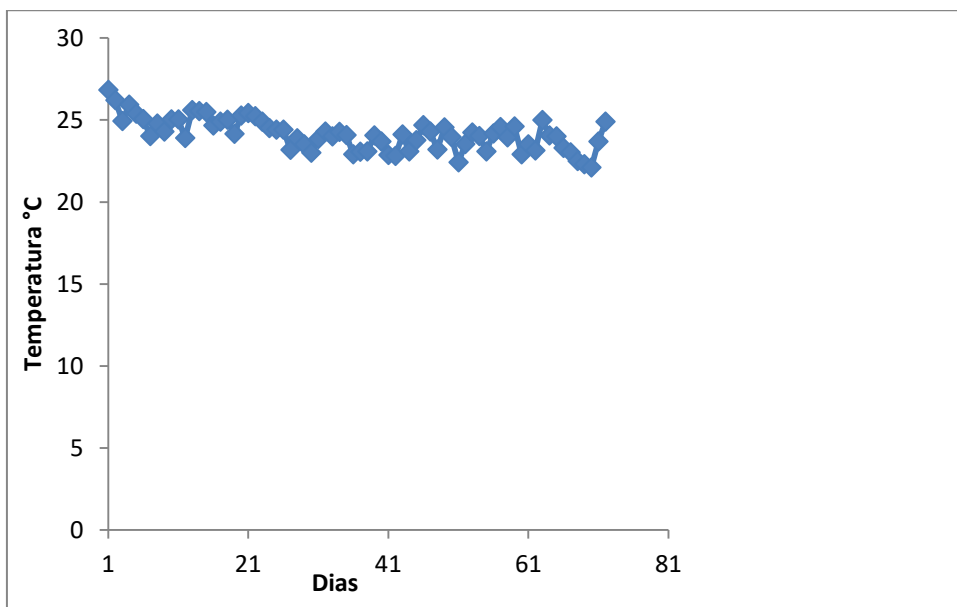
Os dados com as médias da radiação solar, da temperatura, umidade relativa do ar, e evapotranspiração de referência obtidos no interior do ambiente protegido estão apresentados na Tabela 1, seguida pelos gráficos representativos da temperatura (Figura 4), umidade relativa do ar (Figura 5), radiação solar (Figura 6) e evapotranspiração de referência (Figura 7).

Tabela 1- Médias dos dados meteorológicos coletados no período da irrigação.

Radiação (MJ/m ² .dia)	T (°C)	Umidade (%)	ET_o (mm/dia)
11,51375	24,13319	78,31764	2,14

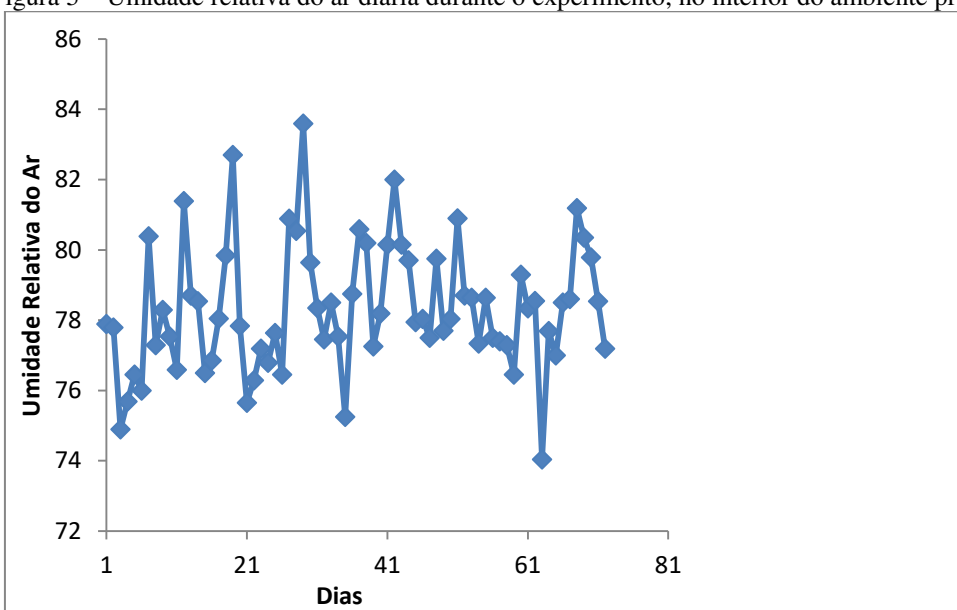
Fonte: Acervo do autor, 2019.

Figura 4 - Temperatura diária durante o experimento, no interior do ambiente protegido



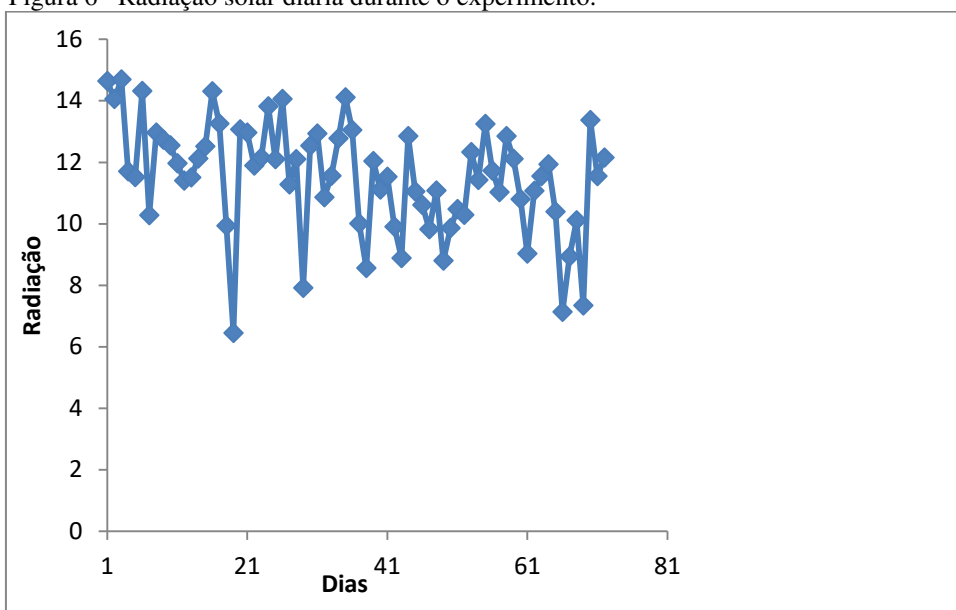
Fonte: Acervo do autor, 2019.

Figura 5 – Umidade relativa do ar diária durante o experimento, no interior do ambiente protegido.



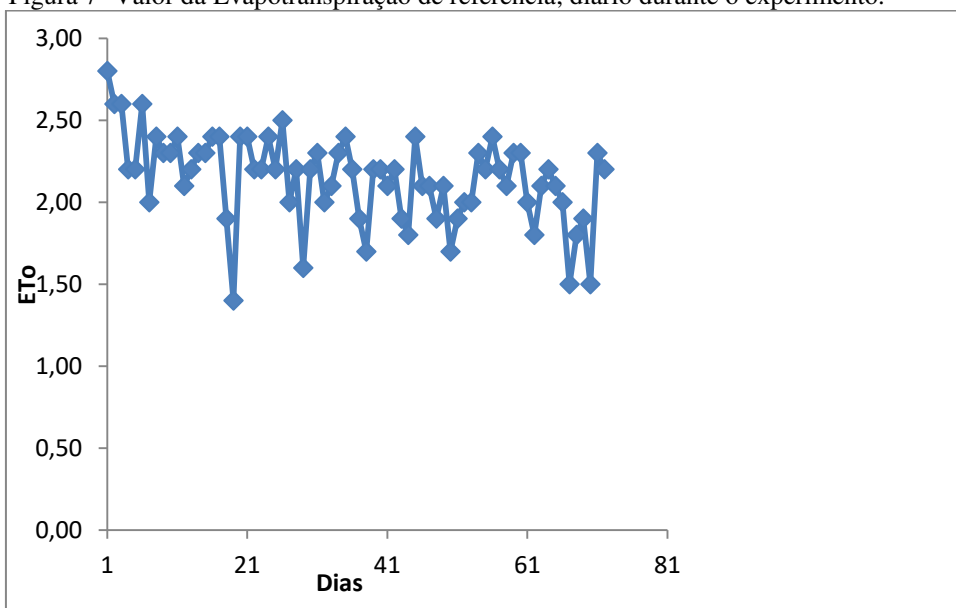
Fonte: Acervo do autor, 2019.

Figura 6– Radiação solar diária durante o experimento.



Fonte: Acervo do autor, 2019.

Figura 7- Valor da Evapotranspiração de referência, diário durante o experimento.



Fonte: Acervo do autor, 2019

3.2.4 Plantio e desenvolvimento das plantas

O plantio foi realizado no solo já utilizado em pesquisas anteriores com os mesmos procedimentos de tratamento. O solo utilizado foi o Franco Argiloso Arenoso, coletado no Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe, no ano 2013, foi peneirado e homogeneizado, e inserido em vasos plásticos de 22 L, os mesmos foram separados por blocos e devidamente posicionados em 03 bancadas de metal no centro do ambiente protegido, com 0,45 m de altura, e dimensões 2,06 x 1,25 m.

Foi retirada uma amostra desse solo em 23 de abril de 2018, de aproximadamente 1 Kg e encaminhada para realização da análise físico – química no laboratório certificado de solos do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe.

Após os resultados (anexo 1, desta pesquisa) da análise química do solo, foi feita a 1ª Adubação em todos os solos nos vasos, no dia 23 de maio de 2018, utilizando Uréia, Superfosfato simples e Cloreto de Potássio conforme observa-se na Tabela 2, todos pesados separadamente e colocado em cada vaso (Figura 8).

Tabela 2- Quantidades dos produtos utilizados na adubação.

ADULBOS	QUANTIDADE
Uréia	2,52g
Superfosfato simples	7,10g
Cloreto de Potássio	2,84g

Fonte: Acervo do autor, 2019.

Figura 8- Adulbos utilizados no cultivo do maxixe.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

O plantio das sementes do maxixe foi feito em bandejas no dia 21 de maio de 2018 e o transplante das mudas (Figura 9) foi realizado em 04 de junho de 2018 para os vasos plásticos.

Figura 9- Mudas do maxixe



Fonte: Acervo do autor, 2018.

A irrigação da cultura foi realizada de acordo com o procedimento do Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), a qual consistiu em três tratamentos (T1, T2, T3), com dois blocos de quatro repetições, os quais foram organizados em vasos (Figura 10), conforme observa-se suas devidas proporções na tabela 3.

Figura 10- vasos com as mudas transplantadas.



Fonte: Acervo do autor

Tabela 3- Descrição e proporção dos tratamentos

Tratamento	Proporção
T1	100% água da DESO
T2	100% efluente
T3	50% água da DESO+ 50% efluente

Fonte: Acervo do autor, 2019.

Para irrigação foram coletadas água de duas fontes distintas: água potável da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), coletada diariamente em uma torneira, localizada dentro do ambiente protegido e água residuária inicialmente tratada, proveniente da lagoa de estabilização (Figura 11) que foi coletada em recipientes plásticos de 10 litros (Figura 12) com tampa e transportado até o ambiente protegido semanalmente. Além disso foram coletadas amostras de água residuária em garrafas de água mineral e garrafas de vidro adequadas (Figura

13) para análises químicas e microbiológicas. Foram verificados o pH, a condutividade elétrica e o oxigênio dissolvido da água da torneira e do efluente no ambiente protegido, diariamente minutos antes da irrigação (Figura 14). Para as análises microbiológicas as amostras foram levadas para o ITPS.

Figura 11- Lagoa de estabilização Rosa Elze/São Cristóvão



Fonte: Acervo do autor, 2018.

A lagoa de estabilização foi construída na década de 80 e é mantida e operada pela DESO (CARVALHO, 2013). As características físicas estão apresentadas na tabela 4:

Tabela 4- Características da Lagoa da Estabilização, Rosa Elze.

Lagoa	Profundidade (m)	Área (m²)	Volume (m³)
Facultativa 1	2.00	8.735	17.470
Facultativa 2	1.98	6.962	13.785
Maturação 1	1.96	4.712	9.236
Maturação 2	1.94	4.618	8.959
Maturação 3	1.92	4.623	8.876

Fonte: Carvalho, 2013.

Figura 12- Coleta de efluente para irrigação.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Figura 13- Coleta de efluente para análise microbiológica.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Figura 14- Análise de Condutividade elétrica da água de torneira.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

As plantas foram irrigadas diariamente e quando demandado, o cálculo da evapotranspiração de referência foi realizado de acordo com o método padrão da FAO 56 Penman-Monteith, apresentado abaixo:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

Onde:

ET_0 = Evapotranspiração de referência, mm.dia⁻¹

Δ = inclinação da curva de pressão de vapor de saturação, kPa.°C⁻¹

R_n = saldo de radiação na superfície, $\text{MJ.m}^2.\text{dia}^{-1}$

G = fluxo de calor no solo, $\text{MJ.m}^2.\text{dia}^{-1}$

γ = constante psicométrica, $\text{kPa.}^\circ\text{C}^{-1}$

T = temperatura do ar medida a dois metros de altura, $^\circ\text{C}$

U_2 = velocidade do vento medida a dois metros de altura, m.s^{-1}

e_s = pressão de saturação do vapor d'água, kPa

e_a = pressão do vapor d'água atual, kPa

Para obter a evapotranspiração da cultura (ETPc) multiplica-se a ET0 pelo coeficiente de cultivo da cultura (FAO 56, 1998).

Conforme ocorria o desenvolvimento dos maxixeiros, houve a necessidade de fazer uso de tutores, pois a cultura do maxixe é uma espécie de planta reasteira. Utilizou-se estacas de aproximadamente 2,5 m, fixando-as dentro de cada vaso (Figura 15).

Figura 15- Colocação dos tutores.

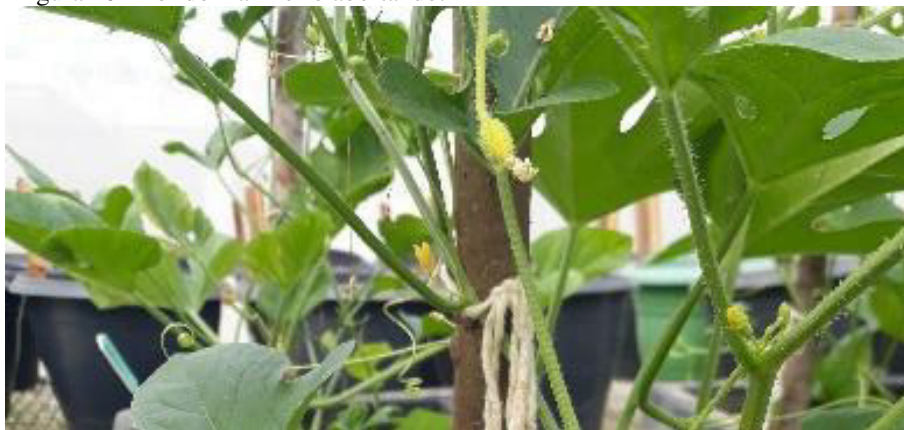


Fonte: Acervo do autor, 2018.

Aos 27 dias após o plantio observou-se o início da floração. Aos 45 dias depois de plantada as sementes, foi possível realizar a primeira colheita, porém percebeu-se uma produtividade baixa, quando comparado com a literatura. Analisamos e notou-se que as flores estavam abortando (os botões da flor amarelavam depois murchavam e por fim secavam – Figura 16) por isso não geravam os frutos. A cultura do maxixe necessita de polinização, ou

seja, da colaboração das abelhas, estas transportam o pólen das flores machos (Figura 17), para as flores fêmeas (Figura 18), ocorrendo assim a produção do maxixe. Então, foi necessário fazer polinização, neste experimento fez-se manual, retirávamos as flores machos e transportávamos o pólen nas flores fêmeas.

Figura 16- Flor do maxixeiro abortando.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Figura 17- Floração Macho do Maxixeiro.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Figura 18- Floração Fêmea do Maxixeiro.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Após esse período, percebeu-se a presença de moscas brancas nas plantas. Para manter o controle das moscas brancas, aos 49 dias depois do plantio, utilizou-se aplicação de detergente neutro, diluiu-se 8 mL em 1L de água e aspergiu nas plantas.

Nas semanas seguintes, obteve-se mais frutos (Figura 19), portanto, ocorreram 4 colheitas e realizou-se o tutoramento mais quatro vezes.

Figura 19 – Produção dos maxixes nos três tratamentos



Fonte: Acervo do autor, 2018

3.2.5 Análise agronômica da cultura

Após cada colheita foram realizadas as análises agronômicas dos frutos. Utilizou-se um paquímetro para medir os diâmetros longitudinal (Figura 20) e transversal dos maxixes (Figura 21).

Figura 20- Diâmetro longitudinal do maxixe.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Figura 21- Diâmetro transversal do maxixe



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Para determinar o peso de cada fruto utilizou uma balança digital (Figura 22). Todas as características foram realizadas em laboratório no Departamento de Engenharia Agronômica – UFS.

Figura 22- Peso dos maxixes.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Para as análises agronômicas os dados foram ser submetidos à análise de variância e, calculado as médias de cada tratamento, foram comparadas com aplicação do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade no programa estatístico SISVAR.

No final do experimento foi medido o diâmetro da haste principal de cada planta com um paquímetro (Figura 23), e mediu-se também o comprimento das hastes principais com uma trena (Figura 24), e coletou-se os dados correspondentes aos números de folhas, maiores que 3

cm, de cada planta. Em seguida colocou-se em sacos de papéis para serem pesados as massas frescas individuais.

Figura 23- Medição do diâmetro da haste com paquímetro.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Figura 24- Medição do comprimento da haste com trena simples.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Após o registro de todos os dados coletados para análise do desenvolvimento da planta, levou-se todo o material para estufa com circulação e renovação de ar, de modelo MA 035 (Figura 25), e iniciou o processo de secagem das plantas à 65°C, na qual passou 5 dias para a obtenção da massa seca final.

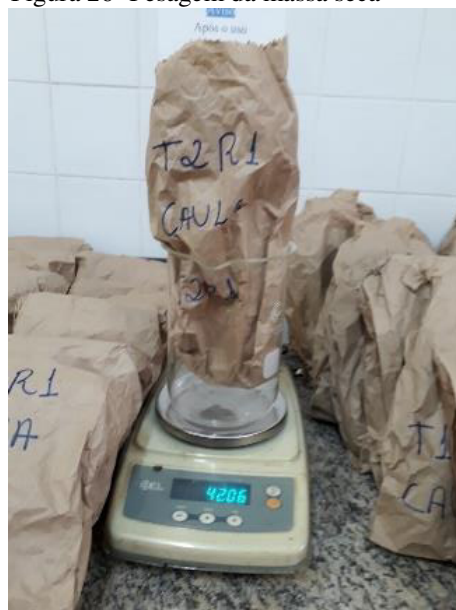
Em seguida retirou-se da estufa e pesou-se em balança analítica (Figura 26) e registrou-se o volume de massa seca das hastes e das folhas.

Figura 25- Hastes e folhas na estufa.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Figura 26- Pesagem da massa seca



Fonte: Acervo do autor, 2018.

3.2.6 Análise microbiológica da cultura

A análise microbiológica dos maxixes foram realizados após a coleta de dados agronômicos, levou-se os frutos identificados (Figura 27) para o Instituto Tecnológico de Pesquisa de Sergipe (ITPS), onde determinou-se as variáveis microbiológicas da cultura para a obtenção dos dados quantitativos.

Figura 27- Maxixes identificados e levados para ITPS.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

3.3 Aplicação do Projeto de Campo

Como parte integrante dessa presente pesquisa dissertativa, a aplicação de campo no âmbito educacional, foi realizada no período entre os meses junho e julho de 2018.

O método utilizado foi a metodologia ativa de ensino e aprendizagem que teve como foco promover a transversalidade no ensino de química utilizando a pedagogia da problematização.

Foi aplicada na Escola Estadual Professor Hamilton Alves Rocha (Figura 28). Borges e Alencar (2014) apresentam metodologias ativas de ensino-aprendizagem que servem como recurso didático base para uma formação crítica e reflexiva, entre elas está o Método PBL (aprendizagem baseada em problemas).

Figura 28- Escola Estadual Professor Hamilton Alves Rocha.



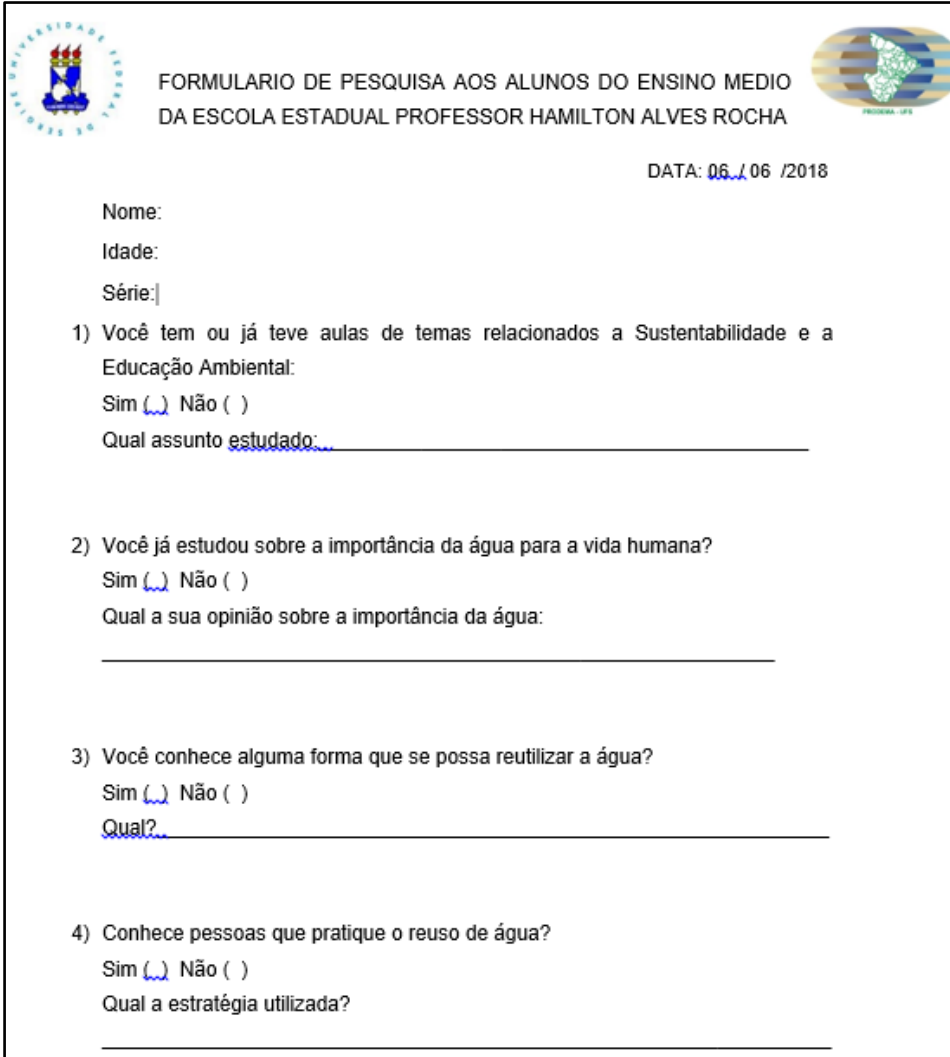
Fonte: Google (2018)



As aplicações da técnica das metodologias ativas foram realizadas nas aulas expositivas de Química, no 1º ano do Ensino Médio, por meio dos conteúdos separação de misturas, que se enquadra na grade de conteúdos indicado pelo Mec através da LDB, utilizando como tema: O processo de tratamento natural da água residuária proveniente das Lagoas de Estabilização e suas formas de reuso. Abordando o conteúdo: Separação de misturas (Sólido-Líquido), com a seguinte problemática: 1) Na atualidade se observa água em abundância ou escassez de água? 2) É viável fazer reuso de água? Quais as vantagens e desvantagens para reuso de água residuária tratada?

O desenvolvimento das aulas de química se deu nas seguintes etapas: Na primeira etapa houve uma breve apresentação da professora pesquisadora, explicando de forma simples que

os alunos estariam fazendo parte de uma pesquisa e o conteúdo estaria conectado ao tema Transversal Meio Ambiente. Ainda nesse momento foi distribuído um exercício de sondagem (Figura 29) para assimilar a que nível de conhecimento básico estariam aquele grupo de estudantes (Figura 30), com quatro questões e duas alternativas de respostas (sim ou não) e uma solicitação de justificativa.

Figura 29: Exercício de sondagem



 **FORMULARIO DE PESQUISA AOS ALUNOS DO ENSINO MEDIO**
DA ESCOLA ESTADUAL PROFESSOR HAMILTON ALVES ROCHA 

DATA: 06 / 06 / 2018

Nome: _____

Idade: _____

Série: _____

1) Você tem ou já teve aulas de temas relacionados a Sustentabilidade e a Educação Ambiental:

Sim (☒) Não (☐)

Qual assunto estudado: _____

2) Você já estudou sobre a importância da água para a vida humana?

Sim (☒) Não (☐)

Qual a sua opinião sobre a importância da água:

3) Você conhece alguma forma que se possa reutilizar a água?

Sim (☒) Não (☐)

Qual? _____

4) Conhece pessoas que pratique o reuso de água?

Sim (☒) Não (☐)

Qual a estratégia utilizada?

Fonte: Acervo do autor, 2018.

Figura 30- Alunos respondendo exercício de sondagem.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Na segunda etapa utilizou-se um cartaz ilustrado com uma lagoa de estabilização e seu funcionamento (Figura 31), para visualização e facilitar o entendimento de como ocorre o processo de purificação do efluente (água de esgotamento doméstico). Nessa mesma etapa utilizou-se também garrafas pets contendo efluente coletado (Figura 32) da lagoa de estabilização para demonstrar a cor e a pureza aparente do efluente nas etapas de tratamento da lagoa de estabilização (uma garrafa pet 2L continha efluente bruto, ou seja, da primeira lagoa, as outras garrafas pets menores possuíam efluente coletado da última lagoa sendo assim o efluente inicialmente tratado), esse momento foi de impacto para os alunos, visto que discutiam entre eles a possibilidade do efluente ficar naquele grau de pureza sem aditivos químicos.

Figura 31- Explicação sobre a lagoa de estabilização e reuso de efluente.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Figura 32- Amostras de efluente.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Numa sequência de explicação dinamizada e dialogada entre professora e alunos sobre todo o procedimento de tratamento e funcionamento das lagoas, abordando o conteúdo de separação de misturas, encerrou-se a aula com a sugestão de conversar com seus familiares e levar o documento de autorização fornecido pela própria escola para que os responsáveis dos alunos permitissem a visita técnica a Lagoa de Estabilização do Bairro Rosa Elze localizado nas proximidades da escola.

A terceira etapa consistiu na visita técnica (Figura 33), onde todos os alunos presentes e devidamente autorizados pelos pais e acompanhados pelos professores autorizados pela direção da escola, dirigiu-se a Lagoa de Estabilização. Com o apoio do técnico funcionário da concessionária Deso responsável pela lagoa, este falou para os alunos sobre o funcionamento real da lagoa, incluindo a explicação geral sobre a construção, a capacidade, as diferenças e a eficiência nos tratamentos das cinco lagoas que comportam o sistema de tratamento de esgoto completo. A professora pesquisadora complementou explicando quais os tipos de tratamentos de separação de misturas existentes nesse sistema em que as lagoas oferecem e a importância do reúso dessa água tratada na agricultura irrigada.

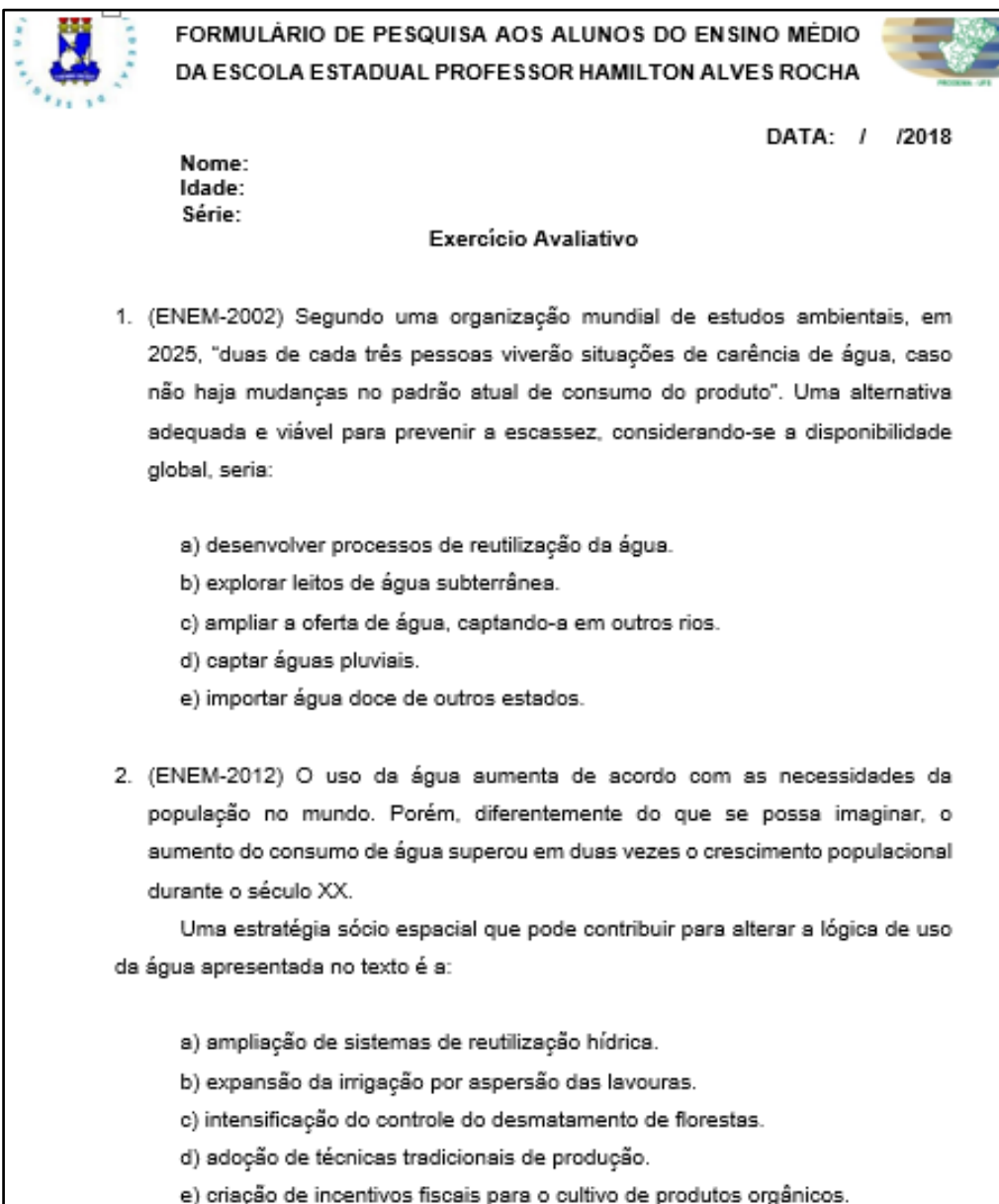
Figura 33- Visita a Lagoa de estabilização.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Por fim, na aula seguinte e última etapa, realizou-se um questionário avaliativo (figura 34 e 35) com os alunos, nos quais responderam cinco questões baseadas e retiradas dos modelos do Enem, pois entende-se a importância do treinamento dos alunos com esse tipo de questões, quatro dessas cinco questões tratava-se do tema geral e dos processos de separação de mistura e a última questão avaliou a aceitabilidade dos alunos em aderir ou não os alimentos cultivados com a água inicialmente tratada pela lagoa de estabilização.

Figura 34- Questionário Avaliativo: 1ª e 2ª questão.



**FORMULÁRIO DE PESQUISA AOS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO
DA ESCOLA ESTADUAL PROFESSOR HAMILTON ALVES ROCHA**

DATA: / /2018

Nome:
Idade:
Série:

Exercício Avaliativo

1. (ENEM-2002) Segundo uma organização mundial de estudos ambientais, em 2025, "duas de cada três pessoas viverão situações de carência de água, caso não haja mudanças no padrão atual de consumo do produto". Uma alternativa adequada e viável para prevenir a escassez, considerando-se a disponibilidade global, seria:

- a) desenvolver processos de reutilização da água.
- b) explorar leitos de água subterrâneos.
- c) ampliar a oferta de água, captando-a em outros rios.
- d) captar águas pluviais.
- e) importar água doce de outros estados.

2. (ENEM-2012) O uso da água aumenta de acordo com as necessidades da população no mundo. Porém, diferentemente do que se possa imaginar, o aumento do consumo de água superou em duas vezes o crescimento populacional durante o século XX.

Uma estratégia sócio espacial que pode contribuir para alterar a lógica de uso da água apresentada no texto é a:

- a) ampliação de sistemas de reutilização hídrica.
- b) expansão da irrigação por aspersão das lavouras.
- c) intensificação do controle do desmatamento de florestas.
- d) adoção de técnicas tradicionais de produção.
- e) criação de incentivos fiscais para o cultivo de produtos orgânicos.

Fonte: Acervo do autor, 2018.

Figura 35- Questionário Avaliativo: 3ª, 4ª e 5ª questão.

<p>3. Segundo Teles e Costa (2010, p. 62) "Lagoa de estabilização é considerada uma opção de tratamento biológico muito eficiente [...]. Sua operação é simples, exige poucos equipamentos e possui manutenção relativamente barata. De acordo com o que estudou em sala de aula e observou-se na visita técnica à lagoa de estabilização, é incorreto afirmar que as lagoas apresentam:</p> <p>a) Reservatórios escavados diretamente no solo. b) Operação e manutenção com custos reduzidos. c) Eficiência na remoção de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). d) Técnica simples de tratamento com adição de produtos químicos. e) Função de eliminar organismos patogênicos.</p> <p>4. Entre os processos de separação de misturas de materiais sólido-líquido, quais os tipos que podem ser encontrados no sistema de tratamento desenvolvido nas lagoas de estabilização facultativas:</p> <p>a) Decantação e Centrifugação. b) Decantação e Sedimentação. c) Decantação e Filtração. d) Filtração e Evaporação. e) Filtração e Sedimentação.</p> <p>5. São inúmeros os benefícios da água de reuso proveniente do tratamento de esgotos utilizada na agricultura, estudos desenvolvidos em diversos países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente com o emprego de esgotos tratados (HESPANHOL, 2003, FACCIOLO, 2013, GOMES FILHO, 2017). Com essas informações que demonstram possibilidade de reuso de água na agricultura irrigada, você aceitaria alimentar-se de frutas e verduras irrigadas com águas provenientes da lagoa de estabilização?</p> <p>a) Sim b) Não c) Sim, porém com restrições</p>
--

Fonte: Acervo do autor, 2018.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualidade das águas utilizadas para irrigação

As análises químicas das águas utilizadas na pesquisa foram compreendidas por: pH, condutividade elétrica (CE) e Oxigênio dissolvido (OD). Foram comparados pelos limites dos parâmetros físico – químicos da Classe 1 das águas doces da Resolução CONAMA 357/2005, que entre os usos preponderantes abrange a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película (BRASIL, 2005a). E pela Resolução CONAMA 430/2011 que complementa e altera a Resolução CONAMA 357/2005 e dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. A tabela completa referente a coleta de dados diário apresentados nesta pesquisa encontra-se no anexo B deste estudo.

4.1.1 Quanto ao pH

Segundo Mendonça (2016), “os principais fatores químicos que podem influenciar um sistema de lagoas são: pH, materiais tóxicos e oxigênio dissolvido. A Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) determina que o pH das águas de classe 1, destinados a irrigação de alimentos que são ingeridos crus, tipo verduras, legumes e frutas, deve estar entre 6,0 e 9,0, portanto os resultados da presente pesquisa apresentam-se dentro dos padrões exigidos, tornando o reuso do efluente adequado para agricultura irrigada (intervalo de valores dos resultados de pH encontram-se na tabela 5). Tavares (2016), encontrou os valores de pH da água residuária entre 7,3 e 8,6 estes também se encontram dentro dos padrões exigidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Tabela 5- valores de pH encontrados nas águas utilizadas para irrigação.

pH	água	efluente	CONAMA 357/2005
Intervalo encontrado	6.96 – 8.03	6,65 – 9,31	7,3 e 8,6

4.1.2 Quanto a condutividade elétrica (CE)

Segundo Mancuso (2003, p. 355) “a capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica é tanto maior quanto for a concentração de eletrólitos, ou seja, a salinidade da água de

reuso pode ser medida pela condutividade elétrica”. Ribeiro et al (2004), também confirma que o nível de salinidade pode ser medido através da condutividade elétrica, ou até mesmo a concentração de sais solúveis presentes nas águas de irrigação.

As análises da salinidade realizadas indicaram classe 2 e classe 3, e a condutividade elétrica se encontra no valor entre 270 e 780. Segundo Mancuso (2003) a classe 2 reporta que essa água pode ser utilizada se ocorrer uma moderada dissolução/lixiviação. Plantas com moderada tolerância à salinidade podem se desenvolver sem práticas especiais de controle de salinidade.

Já a classe 3 refere-se as águas mais próximas do limite superior desse grupo não podem ser utilizadas em áreas que representem restrições quanto à drenagem. Além disso de acordo com a CETESB apud Carvalho (2018 p. 76) “as águas residuárias que apresentem condutividade elétrica entre 0,75 e 2,9 dS.m⁻¹ podem ser utilizados para a aplicação em solos bem drenados, sendo que as espécies cultivadas deverão apresentar alta tolerância salina”. Além disso, Mancuso (2003 p. 357) ressalta:

“A salinidade (CE) é importante, mas não deve ser considerada isoladamente. Entretanto deve ser considerada as condições intervenientes como um todo, pois alteram-se acentuadamente de local para local”. Assim, um esgoto com salinidade relativamente elevada, se analisado isoladamente, pode não representar grandes riscos quando consideradas outras condições de contorno locais que podem amenizar a aparente severidade da disposição”.

Há uma determinação para a salinidade presente nas águas de irrigação, essas são classificadas em classes 1, 2, 3, 4, 5, conforme representa a tabela 6:

Tabela 6- Relação entre salinidade e condutividade elétrica.

CLASSE	DESCRIÇÃO	TSD (mg/L)	CE (uS/cm)	CE (Ds/m)
1	Salinidade baixa	0-175	0-270	0-0,3
2	Salinidade média	125-500	270-780	0,3 - 0,8
3	Salinidade alta	500-1500	780-2340	0,8 – 2,3
4	Salinidade muito alta	1500-3500	2340-5470	2,3 -5,5
5	Salinidade extremamente alta	>3500	> 5470	> 5,5

Fonte: EPA – Austrália, 1991 apud Mancuso 2003, p. 355.

4.1.3 Quanto ao Oxigênio Dissolvido

Outro parâmetro químico analisado foi Oxigênio Dissolvido (tabela 3), Segundo Carvalho (2013) a DBO “avalia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) em mg L^{-1} de O_2 , que será consumido pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica”. E de acordo com Janzen, J. G.; Schulz, H. E.; Lamon, A. W. (2008, p. 278) “A quantidade de oxigênio dissolvido nos corpos de água é um indicador primário da qualidade da água. De fato, quando a concentração de oxigênio dissolvido na água cai abaixo de valores aceitáveis, pode afetar significativamente a saúde do ecossistema aquático ...”.

Nesta pesquisa os resultados das análises apresentaram-se valor dentro do padrão, conforme o exigido pelo CONAMA nº 430/2011, de acordo observamos o intervalo de valores encontrados descrito na tabela 7.

Tabela 7- valores de OD encontrados nas águas utilizadas para irrigação.

OD	Água	Efluente	CONAMA 357/2005
Intervalo encontrado	6 – 12,4	6 – 22,8	120 mg/L

4.1.4 Quanto aos coliformes termotolerantes

A principal preocupação para o reuso de água residuária na agricultura irrigada está nos contaminantes, principalmente nos coliformes termotolerantes e demais bactérias como as salmonelas. Segundo Carvalho (2015, p. 56) “A determinação da quantidade de organismos patogênicos presentes nas águas residuárias é de suma importância devido ao alto risco que sua utilização pode acarretar à saúde pública”.

De acordo com os resultados obtidos pelas análises realizadas no ITPS (documentos referentes aos resultados encontram-se nos anexos desta pesquisa), e descritos na tabela 8, não apresentam resultados satisfatório, pois estes estão fora do padrão exigido pela Organização Mundial da Saúde. Apesar do nível de contaminação de coliformes termotolerantes encontrados nas amostras do efluente, não houve contaminação nos frutos colhidos após a irrigação realizada em todos os tipos de tratamento.

Tabela 8- Resultados dos Análises dos Coliformes Termotolerantes realizados no Efluente.

Amostra do Efluente	Análise dia 11/06/2018	Análise dia 03/07/2018	Análise dia 30/07/2018	OMS (1989)
Coliformes Termotolerantes	1,6 X 10 ⁶ NMP/100mL	2,2 X 10 ⁵ NMP/100mL	2,2 X 10 ⁴ NMP/100mL	1 X 10 ³

Fonte: Acervo do autor, 2018.

4.2 ANÁLISES AGRONÔMICAS DA CULTURA DO MAXIXE

Nesta pesquisa escolheu-se alguns indicadores para analisar o desenvolvimento da planta, calculou-se as médias aritméticas e analisou-se as características agronômicas que foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 0,05% de probabilidade. Os indicadores verificados foram as médias aritméticas do comprimento e da espessura das hastes principais de cada planta (Tabela 9), do número total de folhas (Tabela 10) com tamanhos aproximadamente maiores que 3 cm, assim como também as médias aritméticas da massa seca total da parte aérea das plantas (Tabela 11) e dos tamanhos e peso de cada fruto colhido (Tabela 12).

Tabela 9- Média do comprimento e espessura das hastes principais das plantas.

Hastes	T1	T2	T3
Comprimento (m)	2,49	2,34	2,16
Espessura (mm)	6,67	6,72	6,89

Fonte: Acervo do autor, 2018.

Tabela 10- Média do número total de folhas dos maxixeiros calculadas por tratamento

Folhas	T1	T2	T3
Número de folhas	1283	901	1101

Fonte: Acervo do autor, 2018.

De acordo com Taiz e Zeiger, (2013) a folha apresenta um papel importante para analisar o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois as folhas atuam como interceptores e absorventes de luz e calor, além de obter a função específica de atuar na fotossíntese.

Tabela 11- Média da massa seca total das plantas (MST) calculadas por tratamento.

MST	T1	T2	T3
Massa seca total	37,57	32,10	33,17

Fonte: Acervo do autor, 2018

Nessa pesquisa observamos os seguintes resultados: o desenvolvimento da cultura, ao analisar as plantas irrigadas com os tratamentos 1 e 3, apresentam maior eficiência de acordo com a tabela 9, sendo que o T1 obteve os maiores resultados em termos de número de folhas e massa seca foliar, porém não constatou significância estatística, tal como, Sampaio (2011) nas análises do melão e Tavares (2016) na pesquisa com beterraba, ambos irrigados com efluente.

Tabela 12- Média dos dados do desenvolvimento final dos frutos.

Frutos	T1	T2	T3
Diâmetro	36,2	39,2	33,7
Altura	58,8	66,2	61,5
Peso	37,4	56,1	33,8

Fonte: Acervo do autor, 2018.

Para os resultados referentes ao peso dos frutos determinados pelo teste tukey, não houve diferença estatística a nível de 5% de significância para comparação das médias entre os tratamentos, conforme verifica-se na tabela 13.

Tabela 13- Resultado do teste de tukey para o peso do maxixe.

Tratamento	Médias	Resultados do teste
T 1	36.273333	a 1
T 2	41.284167	a 1
T 3	33.901667	a 1

Fonte: Acervo do autor, 2018.

Para os resultados do diâmetro, os tratamentos T1 e T2 apresentaram médias aritméticas maiores que o tratamento T3, o que confirma a diferenciação que foi encontrada pelo teste tukey conforme observa-se na tabela 14.

Tabela 14- Resultado do teste de tukey para o diâmetro do maxixe.

Tratamento	Médias	Resultados do teste
T 1	34.706667	a 2
T 2	34.748333	a 2
T 3	28.605000	a 1

Fonte: Acervo do autor, 2018.

1.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA CULTURA DO MAXIXE

As variáveis microbiológicas do fruto foram determinadas pelo Instituto Tecnológico de Pesquisa de Sergipe (ITPS), para Coliformes Termotolerantes e Salmonella (os documentos referentes aos resultados emitido pelo ITPS, encontram-se nos anexos desta pesquisa). As quais apresentaram ausência para salmonela e a quantidade inferior a 3,0 NMP/g para a presença de coliformes termotolerantes nos três tratamentos. De acordo com os parâmetros analisados para o atendimento dos “Valores Máximos Permitidos”, segundo a Instrução Normativa nº 12 de 04/09/03, do Ministério da Agricultura e a Resolução - RDC nº 12 de 2001 ANVISA", os resultados obtidos nas análises (Tabela 15) de todas as amostras submetidas atenderam aos limites estabelecidos.

Tabela 15- Análises Microbiológicas do Maxixe.

Período das análises junho/2018	T1	T2	T3	Anvisa (RDC.12/2001)
COLIFORMES	<3,0	<3,0	<3,0	10 ²
SALMONELAS	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

Fonte: ITPS, 2018

De acordo com os resultados de Varalho et al. (2011) a irrigação com água residuária apresentou resultado eficiente na cultura de alface, pois avaliou-se a qualidade sanitária da folha fertirrigada e observou-se a ausência de coliformes termotolerantes.

Carvalho et al. (2013) que irrigaram girassol com água residuária, apresentaram os resultados das análises de coliformes termotolerantes e de salmonella da matéria seca do girassol que foram comparadas com padrões legais da Agência Nacional de Vigilância Sanitária destinados ao consumo humano e observou-se a regularidade dentro da Legislação Brasileira.

Souza et al. (2013) analisa a cultura do pimentão que foi irrigada com água residuária e apresentaram frutos livres de contaminação microbiológica por coliformes e salmonela, mantendo então os padrões da ANVISA.

Dantas et al. (2014) utilizou cinco diluições diferentes de água residuária na irrigação da cultura do rabanete e seus resultados encontrados referentes a presença de coliformes

termotolerantes e salmonelas demonstram que o rabanete encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.

Faccioli (2015) verificou que o reuso de água residuária na cultura do feijão Caupi Brs Novaera não apresentou interferências sobre as características microbiológicas, quanto aos coliformes e a ausência de salmonelas, constatadas sob análise tendo como parâmetro as orientações da ANVISA.

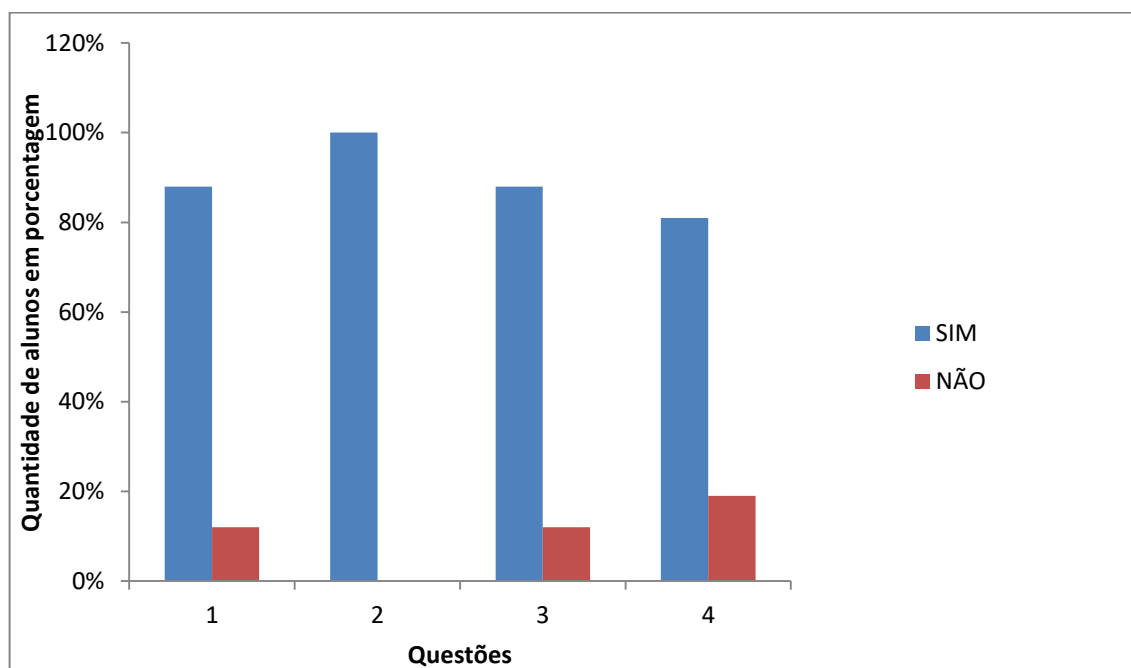
Faccioli et al. (2017) realizou análises microbiológicas da cultura do quiabo irrigada com efluente doméstico e destacando os resultados direcionados aos coliformes termotolerantes e as salmonelas constatou que são inferiores aos parâmetros estabelecidos pela ANVISA, portanto é viável o reuso da água residuária para irrigação dessa cultura.

Na pesquisa de Santos et al. (2017) verificou-se a não contaminação na cultura Alface variedade Baba de Verão, irrigado com água residuária, apresentando resultados dentro do limite de condições sanitárias, visto que seguiu-se os padrões recomendado pela RDC nº 12/2001 da ANVISA, que permite, em hortaliças consumidas cruas, até 10^2 NMP g⁻¹ para coliformes a 45°, ou coliformes termotolerantes; e exige ausência de Salmonela.

1.4 TRANSVERSALIDADE NA EDUCAÇÃO

Para obter os resultados desta pesquisa, optou-se em realizar o teste de sondagem, o qual faz parte das metodologias ativas. Segundo MORÁN, (2015, p. 18) “As metodologias ativas são pontos de partida para avançar para processos mais avançados de reflexão, de integração cognitiva, de generalização, de reelaboração de novas práticas”. Com isso a partir das respostas dos alunos foi possível identificar até que ponto os discentes tiveram algum contato com o Tema proposto. A figura 36 representa as respostas de todos os alunos questionados com apresentação de porcentagens de erros e acertos.

Figura 36- Respostas das questões correspondentes ao exercício de sondagem.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

Ao observar a figura 36, entende-se que os alunos presentes nesta pesquisa demonstraram algum conhecimento básico sobre sustentabilidade, o que favoreceu para melhor compreensão do conteúdo abordado, como podemos observar nas figuras abaixo (Figura 37, 38, 39), a redação na íntegra de três alunos:

Figura 37- Respostas do discente (A) ao questionamento de sondagem na primeira etapa da pesquisa.

1) Você tem ou já teve aulas de temas relacionados a Sustentabilidade e a Educação Ambiental:
 Sim (X) Não ()
 Qual assunto estudado: Os cuidados do Herbário (biologia)
sobre a sustentabilidade no meio ambiente com
velocidade os plântulas.

2) Você já estudou sobre a importância da água para a vida humana?
 Sim (X) Não ()
 Qual a sua opinião sobre a importância da água:
A água é um meio de sustento para todos os seres
vivos, sem a água poderíamos morrer.

3) Você conhece alguma forma que se possa reutilizar a água?
 Sim (X) Não ()
 Qual? Conseguimos água nas chuvas de uso do
dia a dia como usar os dentes e lavar as mãos.

4) Conhece pessoas que pratique o reuso de água?
 Sim (X) Não ()
 Qual a estratégia utilizada?
Utiliza água da chuva como reuso.

Fonte: Acervo do Autor, 2018.

Figura 38- Respostas do discente (B) ao questionamento de sondagem na primeira etapa da pesquisa.

1) Você tem ou já teve aulas de temas relacionados a Sustentabilidade e a Educação Ambiental:
 Sim (X) Não ()
 Qual assunto estudado: Preservação da natureza

2) Você já estudou sobre a importância da água para a vida humana?
 Sim (X) Não ()
 Qual a sua opinião sobre a importância da água:
A água é uma das coisas mais importantes, então para sobrevivermos precisamos da água.

3) Você conhece alguma forma que se possa reutilizar a água?
 Sim (X) Não ()
 Qual? Quando a água da máquina é usada, podemos reutilizar lavando a calçada.

4) Conhece pessoas que pratique o reuso de água?
 Sim (X) Não ()
 Qual a estratégia utilizada?
lavando as calçadas

Fonte: Acervo do Autor, 2018.

Figura 39- Respostas do discente (C) ao questionamento de sondagem na primeira etapa da pesquisa.

1) Você tem ou já teve aulas de temas relacionados a Sustentabilidade e a Educação Ambiental:
 Sim (X) Não ()
 Qual assunto estudado: A conservação da nossa ambiente.

2) Você já estudou sobre a importância da água para a vida humana?
 Sim (X) Não ()
 Qual a sua opinião sobre a importância da água:
Por que sem ela, nós vivemos Por que água é vida.

3) Você conhece alguma forma que se possa reutilizar a água?
 Sim (X) Não ()
 Qual? Da água da máquina de lavar roupa ou no banheiro

4) Conhece pessoas que pratique o reuso de água?
 Sim (X) Não ()
 Qual a estratégia utilizada?
Enchendo as banheiras a minha mãe.

Fonte: Acervo do Autor, 2018.

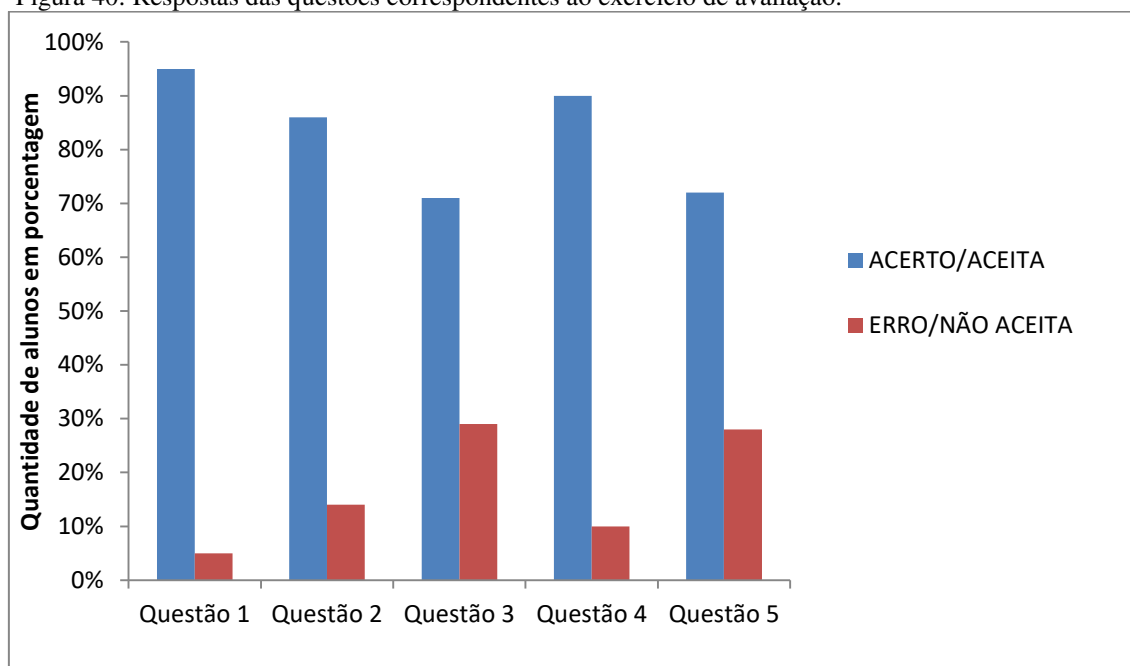
Diante das respostas do questionário de sondagem foi possível dimensionar a profundidade do conhecimento sobre o tema, e através dessa verificação constatou-se que o conhecimento intelectual dos alunos está no saber popular. Por tanto, a utilização desse exercício foi positiva pois percebeu-se a necessidade de aprofundar detalhadamente o sistema de tratamento das lagoas de estabilização e as condições e possibilidades de reuso do efluente.

A etapa seguinte foi a explicação em sala referente ao sistema das lagoas de estabilização, em que o cartaz ilustrativo colaborou para visualização e entendimento do sistema de tratamento natural (decantação e sedimentação) e suas possibilidades de reuso. Os discentes questionaram a respeito do uso de substâncias químicas na purificação da água residuária, iniciou-se então, uma discussão que levou ao assunto condições viáveis de sustentabilidade, entre outros, a economia do uso de água potável e seus benefícios, incluindo o uso de água de primeira qualidade na irrigação de lavouras. De acordo com o diálogo em sala, o efluente depois de tratado na lagoa de estabilização é viável para a agricultura irrigada, mas são necessários cuidados para manipulação e transporte da água inicialmente tratada pelas lagoas de estabilização.

A concordar com BERBEL, (2011, p. 29) onde afirmou que “as Metodologias Ativas baseiam-se em formas de desenvolver o processo de aprender, utilizando experiências reais ou simuladas, visando às condições de solucionar, com sucesso, desafios advindos das atividades essenciais da prática social, em diferentes contextos”, realizou-se na terceira etapa a visita a lagoa de estabilização do bairro Rosa Elze, esta possui 3 lagoas facultativas e 2 lagoas de maturação, que fica nas imediações da escola pesquisada. Os discentes demonstraram interesse na visita, e comentaram que a lagoa é conhecida vulgarmente como ‘*fossa*’ pela população residente nas proximidades. Durante a visita tivemos o acompanhamento do técnico responsável pela lagoa, que discursou e esclareceu algumas dúvidas dos alunos. O que confirmou as teorias aplicadas em sala pela professora pesquisadora. Sendo assim a visita a lagoa se configurou como um momento importante para o desenvolvimento da metodologia ativa realizada nas etapas acima citada.

Diante das respostas do exercício avaliativo analisou-se os seguintes resultados. Segue em ordem numérica as questões respondidas pelos alunos, com identificação das respostas em porcentagem de erros e acertos no Figura 40.

Figura 40: Respostas das questões correspondentes ao exercício de avaliação.



Fonte: Acervo do autor, 2018.

As quatro primeiras questões foram importantes para a avaliação do aprendizado químico dos discentes presentes. A última questão corresponde a aceitabilidade do consumo da cultura cultivada com água proveniente da lagoa de estabilização.

Conforme apresenta a figura 40 obtivemos resultados positivos em todo o exercício, tanto nos questionamentos referentes ao contexto aplicado e ao conteúdo químico trabalhado, pois a maioria dos discentes acertaram nas respostas correspondentes, quanto na questão de aceitabilidade, onde 72% dos alunos responderam **SIM**, aceitariam consumir produtos cultivados com água residuária, e na discussão sobre o assunto, justificaram dizendo que depois de terem a informação de que os alimentos não estão contaminados facilita o entendimento que sim é viável e sustentável o reuso da água na agricultura irrigada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos nas análises de todas as amostras submetidas nesta pesquisa para as variáveis microbiológicas da cultura, onde apresentaram ausência para salmonela e a quantidade inferior à permitida para a presença de coliformes termotolerantes nos três tratamentos, e com isso atenderam aos parâmetros estabelecidos, pela legislação vigente. Quanto aos resultados agronômicos, não houve diferenciação significativa para os três tratamentos. Como consequência dos resultados agronômicos, a produtividade dos frutos foi significativamente favorável, pois, obtivemos uma produção de frutos satisfatória para todos os tipos de tratamentos. Portanto, a utilização de reuso de água residuária na agricultura familiar, após tratamento das lagoas de estabilização, é recomendável aos agricultores, em até 100% do uso do efluente na irrigação da cultura do maxixe sob condições de tutoramento da planta; sendo assim houve otimização do recurso hídrico.

Para conclusão desta pesquisa sobre transversalidade na educação obtivemos a eficiência no aprendizado dos discentes, tanto com o conteúdo químico, como com a aceitação do consumo de alimentos irrigados com água residuária; observamos também, a eficácia na divulgação e na discussão relatada pelos alunos com seus familiares e a população vizinha; além de ter despertado o interesse dos alunos pela disciplina de química como também pela pesquisa de reuso de efluente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Teresa Joelma Barbosa. Abordagem dos temas transversais nas aulas de ciências do ensino fundamental, no Distrito de Areembepe, município de Camaçari-BA. **Candombá**, Revista Virtual, Brasília – DF, v. 2, n. 1, p. 1-13, jan.-jun. 2006. Disponível em: <<http://revistas.unijorge.edu.br/candomba/2006-v2n1/pdfs/TeresaAlmeida2006v2n1.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Uso eficiente e Reúso de água**. Brasília/DF: ANA, 2014.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Irrigação. **Uso da água na agricultura irrigada**. Brasília/DF: ANA, 2017.

BARBIERI, J. C.; ÁLVARES, A. C. T.; CAJAZEIRA, J. E. R. Gestão de ideias para inovação contínua [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Bookman, 2009. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=H9fK2UZ4ShYC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Barbieri+\(2009,+p.+60\)+&ots=JzHrpsolIfG&sig=dYit-ZgUlf95XvY95W7dP2SZ8kE#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=H9fK2UZ4ShYC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Barbieri+(2009,+p.+60)+&ots=JzHrpsolIfG&sig=dYit-ZgUlf95XvY95W7dP2SZ8kE#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 22 ago 2017.

BEEKMAN, G. B. Qualidade e conservação da água. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 1996, Brasília/DF. **Conferência...** Brasília/DF: Associação Brasileira das Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.

BELLEN, Hans Michael Van. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

BERBEL, N. A. N. **Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina**, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011

BERNARDES, Maria Beatriz Junqueira; PRIETO, Élisson Cesar. **Educação Ambiental: Disciplina versus Tema Transversal**. Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental,

Rio Grande, v. 24, p. 173-185, jan.-jun, 2010. Disponível em: <XX>. Acesso em 12 dez. 2017.

BERTONCINI, Edna Ivani. Tratamento de Efluentes e Reúso da água no meio Agrícola. **Revista de Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo. p. 152-169, jun. 2008. Disponível em: <xx>. Acesso em: 14 nov. 2017.

BORGES, Tiago Silva; ALENCAR, Gidélia. Metodologias ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior. **Cairu em Revista**, Salvador, v. 3, n. 4, p. 119-143, jul./ago. 2014. Disponível em: <http://www.cairu.br/revista/arquivos/artigos/2014_2/08%20METODOLOGIAS%20ATIVAS%20NA%20PROMOCAO%20DA%20FORMACAO%20CRITICA%20DO%20ESTUDANTE.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2017.

BRAATZ, S.; KANDIAH, A. Utilización de aguas residuales urbanas para el riego de árboles y bosques Unasylva. **Revista Internacional de silvicultura e industrias forestales**, Roma/Italy, v. 47, n. 185, p. 45 - 52, 1996.

BRASIL. CONAMA. **RESOLUÇÃO Nº 20, DE 18 DE JUNHO DE 1986**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 18 de junho de 1986.

BRASIL. Lei Federal n.º 9.795 - **Política Nacional de Educação Ambiental**. 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **RESOLUÇÃO Nº 121, DE 16 DE DEZEMBRO DE 2010**: Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal... Brasília/DF: MMA, 2010. Disponível em: <www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1414>. Acesso em: 19 maio 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras. Brasília/DF: MMA, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011:** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera. Brasília/DF: MMA, 2011.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e Dá Outras Providências.** Diário Oficial da União, 09/01/1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 13 de abril de 2015.

BRASIL. Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. **Altera o art. 2º da Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, para incluir o aproveitamento de águas pluviais como um de seus objetivos.** Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370. Acesso em 01 dez. 2017.

BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Meio Ambiente / Secretaria de Educação Fundamental.** – Brasília: MEC/SEF, v. 9, 2000.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros curriculares nacionais: Orientações curriculares para o ensino médio.** – Brasília: MEC/SEB, v. 2. 2006. 135 p.

BROWN, L. **Escassez de água contribui para déficit na colheita mundial.** Cairú/BA: Universidade Livre da Mata Atlântica, 2002. Disponível em: www.wwiuma.org.br/lb_graos.htm. Acesso em: 31 out. 2017.

CÂMARA, J. B. D.; SANTOS, T. C. C. (Orgs.). **GEO Brasil 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil.** Brasília/DF: IBAMA, 2002.

CARVALHO, R. S; et al. G. G. Influência do reuso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinado à alimentação animal. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science.** Taubaté. v. 8, n. 2, p. 157-167, 2013.

CARVALHO, R. S. **Influência do reúso de águas residuárias na qualidade microbiológica do girassol destinada à alimentação animal**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE: UFS, 2013.

COSTA, D. M. A.; BARROS JÚNIOR, A. C.; **Avaliação da necessidade do reúso de águas residuais**; CEFET-RN; 2005.

DINIZ, M. E.; TOMAZELLO, M. G. C. A pedagogia da complexidade e o ensino de conteúdos atitudinais na educação ambiental. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**. Rio Grande. v. 15, p. 80-93, jul.-dez. 2005.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Wastewater treatment and use in agriculture. **Riego y Drenaje**, Roma/Italy, n. 47, Estudio FAO, 1992.

FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AÍSSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

FREITAS, C. A. S. et al. Crescimento vegetativo da cana-de-açúcar irrigada com água de esgoto doméstico tratado. **Conex. Ciência e Tecnologia**. Fortaleza/CE, v. 6, n. 1, p. 27-43, mar. 2012.

GOMEZ, Margarita Victória. A transversalidade como abertura máxima para a didática e a formação contemporâneas. **Revista Iberoamericana de Educación**. n. 48/3, p. 1- 12. Jan. 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/28243021_A_transversalidade_como_abertura_maxima_para_a_didatica_e_a_formacao_contemporaneas?enrichId=rgreq-05d42197925267938b5e6448096e6069-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI4MjQzMdIxO0FTOjE1NTA0MjI1NDQzMdIxM0AxNDEzOTc2MzYyOTUw&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf>. Acessado em: 19 nov 2017.

GUIMARÃES, P.R. Contexto y prioridades de la cooperación internacional para el desarrollo sustentable em America Latina. **Síntesis – Revista Documental de Ciencias Sociales Iberoamericana**, 20. p.18-24 Set – dez. Madri. 1994. Disponível em:<>. A

HERPIN, U.; GLOAGUEN, T.V.; FONSECA, A.F.; MONTES, C.R.; MENDONCA, F.C.; PIVELI, R.P.; BREULMANN, G.; FORTI, M.C.; MELFI, A.J. Chemical effects on the soil-plant system in a secondary treated wastewater irrigated coffee plantation – a pilot field study in Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.89, n.1, p.105-115, 2007.

HESPANHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios e Recarga de Aquíferos **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo/SP, v. 7, n.4, p.75-95, 2002.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Bahia Análise e Dados**, Salvador/BA, v. 13, n. especial, p. 411-437, 2003.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. Cap 3 In: **Reuso de água**. Editora Manole – SP, 2003.

HESPANHOL, I. Saúde pública e reuso agrícola de efluentes e biossólidos. Cap 4 In: **Reuso de água**. Editora Manole – SP, 2003.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.131-158, 2008.

HESPANHOL, I. Reuso potável direto e o desafio dos poluentes emergentes. **Revista USP**. São Paulo. n. 106, p. 79-94, jul.-set. 2015.

LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A.; CHRISTOFIDI, D. **O Uso da Irrigação no Brasil. In: Estado das Águas no Brasil – 1999: Perspectivas de Gestão e Informação de Recursos Hídricos**. Brasília: SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, p. 73 – 82, 1999.

MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. R.; ESTRELA, D. C.; LEANDRO, W. M. Reaproveitamento de lodo de curtume e reuso de água residuária de origem doméstica na cultura do milho. **Enciclopédia Biosfera**, centro científico conhecer. Goiânia, v. 9, n. 17; p. 2268. 2013. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/280734342>>. Acesso em: 09 ago 2017.

MEDEIROS, M. A. et al. Maturação Fisiológica de Sementes de Maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, nº 3, p. 17-24. 2010.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; SOUZA, J. A. Utilização de Água Residuária de Origem Doméstica na Agricultura: Estudo do Estado Nutricional do Cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 109 – 115, 2008.

MODOLO, V.A.; COSTA, C.P. Avaliação de linhagens de maxixe paulista cultivadas em canteiros com cobertura de polietileno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 534-538, jul-set. 2003.

MODOLO, Valéria Aparecida; COSTA, Cyro Paulino. **Maxixe: Uma hortaliça de tripla forma de consumo**. Piracicaba: ESALQ –Divisão de Biblioteca e Documentação, 20 p. : il. (Série Produtor Rural, n. 19), 2003. Disponível em:<<http://www4.esalq.usp.br/biblioteca/sites/www4.esalq.usp.br/biblioteca/files/publicacoes-a-venda/pdf/SPR19.pdf>> Acessado:05 nov 2017.

MOTA, S.; BEZERRA, F. C.; TOMÉ, L. M. Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgotos tratados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA, 1997.

SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.

OLIVEIRA, A. P. et al. Parcelamento e fontes de nitrogênio para produção de maxixe. **Horticultura Brasileira**. v. 28, n. 2, p. 218-221, abr.-jun. 2010.

PAGANINI, W. S. Reuso de água na agricultura. In: MANCUSO P. C. S.; SANTOS H. F. (Eds). **Reuso de água**. Baureri: Manole, 2003. PAG 340.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Cuidando das Águas: Soluções para o desenvolvimento sustentável – 2004**. Disponível em: <https://www.pnuma.org.br/admin/publicacoes/texto/Cuidando_das_aguas_final_baixa.pdf>. Acesso em: 25 maio 2017.

PNUMA - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA MEIO AMBIENTE. **Perspectiva para o meio ambiente mundial – 2002**: Geo3, passado presente e futuro. OSTORINO, R. (coord.); SHELLARD, S.; CORREA, N. B. (Trad.). Brasília/DF: IBAMA/UMA, 2004

RESENDE, G. M. Produtividade de cultivares de maxixe em função de épocas de plantio. **EMBRAPA. Comunicado técnico**. n. 83, p. 1-6. Abr. 1999. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/133009/produtividade-de-cultivares-de-maxixe-em-funcao-de-epocas-de-plantio>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

RIGO, et al. Destinação e reuso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil. **Gaia Scientia**, v. 8 n. 1, p. 174-186. Disponível em: <<http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/index>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

SACHS, I, **Estratégia de transição para o século XXI**: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel; Fundação de Desenvolvimento Administrativo (FUNDAP), 1993.

SANTOS FILHO, J. S. **Viabilidade do uso de água residuária tratada na irrigação da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE: UFS, 2013.

SANTOS, N. L.; SILVA, M. M. P. Por que a educação ambiental não tem alcançado mudanças significativas na sociedade contemporânea? Uma análise de artigos publicados em eventos científicos no Brasil de 2005 a 2010. **Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**. Rio Grande. v. 27, jul.-dez. 2011. Disponível em: <<https://www.seer.furg.br/remea/article/view/3198>>. Acessado: 18 dez 2017.

SITARZ, D. (Editor). **AGENDA 21**: The Earth summit strategy to save our planet. Boulder, Colorado/USA: Earthpress, 1994.

SOUSA, J. T. DE; HENRIQUE, I. N.; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; Tratamento de águas residuárias: uma proposta para a sustentabilidade ambiental; **Revista de Biologia e ciências da terra**; Suplemento Especial; nº 1; 2006.

SOUSA, A. E. C. et al. Teor de óleo no pinhão manso em função de lâminas de água residuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 46, n. 1, p. 108-111, jan. 2011.

TAVARES, B. R. S. D. **Grau de aceitabilidade do reuso de água de lagoas de estabilização na agricultura irrigada**. 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE: UFS, 2016.

UNESCO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Os Recursos Hídricos do Planeta estão sob Pressão do Crescimento Rápido das Demandas por Água e das Mudanças Climáticas**, (WWDR4). Disponível em: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/WWDR4%20Background%20Briefing%20Note_pt_2012.pdf>. Acesso em: 25 maio 2017.

UNESCO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Água para um Mundo Sustentável**: Sumário Executivo. Disponível em: http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary_POR_web.pdf>. Acesso em: 25 maio 2017.

VAN BELLEN, H.M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2006

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Technical Report Series. 778. Geneva: World Health and Organization, 1989. 74p

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Wastewater Use in Agriculture**. v. 2. Genebra/Suíça: WHO, 2006.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world**. Genebra/Suíça: WMO, 1997.

WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE. **A guide to world resources 2000-2001: People and ecosystems: The fraying web of life**. Washington/DC: WRI, 2000.

WWAP – World Water Assessment Programme. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016. **Água e Emprego fatos e números**. TRAN, Michael; KONCAGUL, Engin; CONNOR, Richard. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/>>. Acessado em: 03 nov. 2017.

ZUIN, L. F. S.; QUEIROZ, T. R. **Agronegócios: gestão e inovação**. São Paulo, SP: Saraiva, 2006.

ANEXOS

ANEXO A- Relatórios dos resultados microbiológicos dos frutos e do efluente


**INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO
ESTADO DE SERGIPE**

 Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

 Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 2958/18

Revisão 00

Cliente	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR	Telefone	79 9 9901-2556
Endereço	RUA MANOEL CORREIA DE FARIAS, 1201	Contato(s)	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR
e-mail	eziopjr@yahoo.com.br	Fax	
Amostra(s)	Alimentos	Recepção	23/07/18

Amostra	T 3	Código	2958/18-02	Coleta em	22/07/18
Lote		Data de Fabricação			
Data de Validade					

Ensaio	Resultado	Unidade	Padrão (L1)	LQ	Método	Data do Ensaio
Coliformes a 45°C	<3,0	NMP/g	10 ²	--	SMEVW9221B	23/07/18
Salmonellas	Ausência	em 25g	Ausência	--	AOACC 967.26	23/07/18

Conclusão dos Ensaios (Parecer Técnico*): De acordo com os parâmetros analisados para o atendimento dos "Valores Máximos Permitidos", segundo a Instrução Normativa nº 12 de 04/09/03, do Ministério da Agricultura e a Resolução - RDC nº 12 de 2001 ANVISA*, os resultados reportados neste relatório para esta amostra **atendem** aos limites estabelecidos.

Legenda

(L1): RDC nº 12/2001 da ANVISA

NMP: Número Mais Provável.

SMEVW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 22*. ed., Washington, 2012.

Resultado: Resultados fora de faixas aparecem sublinhados.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Parecer Técnico*: Os pareceres, interpretações e opiniões expressos não fazem parte do escopo do sistema de qualidade deste laboratório com base na norma NBR ISO/IEC 17025.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Aracaju, 27 de julho de 2018.

Douglas Bomfim Lima
Biólogo



**INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO
ESTADO DE SERGIPE**

Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 2958/18

Revisão 00

Cliente	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR	Telefone	79 9 9901-2556
Endereço	RUA MANOEL CORREIA DE FARIAS, 1201	Contato(s)	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR
e-mail	eziopjr@yahoo.com.br	Fax	
Amostra(s)	Alimentos	Recepção	23/07/18

Amostra	T 2	Código	2958/18-01	Coleta em	22/07/18
Lote		Data de Fabricação			
Data de Validade					

Ensaio	Resultado	Unidade	Padrão (L1)	LQ	Método	Data do Ensaio
Coliformes a 45°C	<3,0	NMP/g	10 ²	--	SMEWW9221B	23/07/18
Salmonellas	Ausência	em 25g	Ausência	--	AOACC 967.26	23/07/18

Conclusão dos Ensaios (Parecer Técnico*): De acordo com os parâmetros analisados para o atendimento dos "Valores Máximos Permitidos", segundo a Instrução Normativa nº 12 de 04/09/03, do Ministério da Agricultura e a Resolução - RDC nº 12 de 2001 ANVISA", os resultados reportados neste relatório para esta amostra **atendem** aos limites estabelecidos.

Legenda

(L1): RDC nº 12/2001 da ANVISA

NMP: Número Mais Provável.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 22ª. ed., Washington, 2012.

Resultado: Resultados fora de faixas aparecem sublinhados.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Parecer Técnico*: Os pareceres, interpretações e opiniões expressos não fazem parte do escopo do sistema de qualidade deste laboratório com base na norma NBR ISO/IEC 17025.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Aracaju, 27 de julho de 2018.

Douglas Bomfim Lima
Biólogo



**INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO
ESTADO DE SERGIPE**

Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 3049/18

Revisão 00

Ciente	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR	Telefone	79 9 9901-2556
Endereço	RUA MANOEL CORREIA DE FARIAS, 1201	Contato(s)	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR
e-mail	eziopjr@yahoo.com.br	Fax	
Amostra(s)	Alimentos	Recepção	30/07/18

Amostra	T 3				Código	3049/18-03	Coleta em	
Lote					Data de Fabricação			
Data de Validade								
Ensaio	Resultado	Unidade	Padrão (L1)	LQ	Método		Data do Ensaio	
Coliformes a 45°C	<3,0	NMP/g	--	--	SMEVWW9221B		30/07/18	
Salmonellas	Ausência	em 25g	Ausência	--	AOACC 967.26		30/07/18	

Conclusão dos Ensaios (Parecer Técnico*): De acordo com os parâmetros analisados para o atendimento dos "Valores Máximos Permitidos", segundo a Instrução Normativa nº 12 de 04/09/03, do Ministério da Agricultura e a Resolução - RDC nº 12 de 2001 ANVISA", os resultados reportados neste relatório para esta amostra **atendem** aos limites estabelecidos.

Legenda

(L1): RDC nº 12/2001 da ANVISA

NMP: Número Mais Provável.

SMEVWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 23ª. ed., Washington, 2017.

Resultado: Resultados fora de faixas aparecem sublinhados.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Parecer Técnico*: Os pareceres, interpretações e opiniões expressos não fazem parte do escopo do sistema de qualidade deste laboratório com base na norma NBR ISO/IEC 17025.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Aracaju, 07 de agosto de 2018.

Douglas Bomfim Lima
 Biólogo



**INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO
ESTADO DE SERGIPE**

Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 3049/18

Revisão 00

Cliente	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR	Telefone	79 9 9901-2556
Endereço	RUA MANOEL CORREIA DE FARIAS, 1201	Contato(s)	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR
e-mail	eziopjr@yahoo.com.br	Fax	
Amostra(s)	Alimentos	Recepção	30/07/18

Amostra	T 2	Código	3049/18-02	Coleta em	
Lote		Data de Fabricação			
Data de Validade					

Ensaio	Resultado	Unidade	Padrão (L1)	LQ	Método	Data do Ensaio
Coliformes a 45°C	<3,0	NMP/g	--	--	SMEWW9221B	30/07/18
Salmonellas	Ausência	em 25g	Ausência	--	AOACC 987.26	30/07/18

Conclusão dos Ensaios (Parecer Técnico*): De acordo com os parâmetros analisados para o atendimento dos "Valores Máximos Permitidos", segundo a Instrução Normativa nº 12 de 04/09/03, do Ministério da Agricultura e a Resolução - RDC nº 12 de 2001 ANVISA", os resultados reportados neste relatório para esta amostra **atendem** aos limites estabelecidos.

Legenda

(L1): RDC nº 12/2001 da ANVISA

NMP: Número Mais Provável.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 23ª. ed., Washington, 2017.

Resultado: Resultados fora de faixas aparecem sublinhados.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Parecer Técnico*: Os pareceres, interpretações e opiniões expressos não fazem parte do escopo do sistema de qualidade deste laboratório com base na norma NBR ISO/IEC 17025.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Aracaju, 07 de agosto de 2018.

Douglas Bomfim Lima
Biólogo



**INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO
ESTADO DE SERGIPE**

Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 3049/18

Revisão 00

Cliente	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR	Telefone	79 9 9901-2556
Endereço	RUA MANOEL CORREIA DE FARIAS, 1201	Contato(s)	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR
e-mail	eziopjr@yahoo.com.br	Fax	
Amostra(s)	Alimentos	Recepção	30/07/18

Amostra	T 1				Código	3049/18-01	Coleta em	
Lote					Data de Fabricação			
Data de Validade								
Ensaio	Resultado	Unidade	Padrão (L1)	LQ	Método		Data do Ensaio	
Coliformes a 45°C	<3,0	NMP/g	--	--	SMEVW9221B		30/07/18	
Salmonellas	Ausência	em 25g	Ausência	--	AOACC 967.26		30/07/18	

Conclusão dos Ensaios (Parecer Técnico*): De acordo com os parâmetros analisados para o atendimento dos "Valores Máximos Permitidos", segundo a Instrução Normativa nº 12 de 04/09/03, do Ministério da Agricultura e a Resolução - RDC nº 12 de 2001 ANVISA, os resultados reportados neste relatório para esta amostra **atendem** aos limites estabelecidos.

Legenda

(L1): RDC nº 12/2001 da ANVISA

NMP: Número Mais Provável.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 23ª. ed., Washington, 2017.

Resultado: Resultados fora de faixas aparecem sublinhados.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Parecer Técnico*: Os pareceres, interpretações e opiniões expressos não fazem parte do escopo do sistema de qualidade deste laboratório com base na norma NBR ISO/IEC 17025.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Aracaju, 07 de agosto de 2018.

Douglas Bomfim Lima
 Biólogo


**INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO
ESTADO DE SERGIPE**

Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 2425/18
Revisão 00

Cliente	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR	Telefone	79 9 9901-2556
Endereço	RUA MANOEL CORREIA DE FARIAS, 1201	Contato(s)	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR
e-mail	eziopjr@yahoo.com.br	Fax	
Amostra(s)	AGUA MB	Recepção	11/06/18

Amostra	EFLUENTE DOMESTICO				Código	2425/18-01	Coleta em	11/06/18 10:00
Ensaio	Resultado	Unidade	Limites não definidos	LQ	Método		Data do Ensaio	
Coliformes Termotolerantes	1,6 X 10 ⁸	NMP/100mL	--	--	SMEWW9221B		11/06/18	

Legenda

NMP: Número Mais Provável.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 22ª. ed., Washington, 2012.

Resultado: Resultados fora de faixas aparecem sublinhados.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Parecer Técnico*: Os pareceres, interpretações e opiniões expressos não fazem parte do escopo do sistema de qualidade deste laboratório com base na norma NBR ISO/IEC 17025.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Aracaju, 26 de junho de 2018.

Douglas Bomfim Lima
Biólogo



**INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO
ESTADO DE SERGIPE**

Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 2709/18

Revisão 00

Cliente	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR	Telefone	79 9 9901-2556
Endereço	RUA MANOEL CORREIA DE FARIAS, 1201	Contato(s)	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR
e-mail	eziopjr@yahoo.com.br	Fax	
Amostra(s)	AGUA MB	Recepção	03/07/18

Amostra	EFLUENTE DOMESTICO			Código	2709/18-01	Coleta em	03/07/18 9:40
Ensaio	Resultado	Unidade	LQ	Método		Data do Ensaio	
Coliformes Termotolerantes	2,2 X 10 ⁶	NMP/100mL	--	SMEWW9221B		03/07/18	

Legenda

NMP: Número Mais Provável.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 22ª. ed., Washington, 2012.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Aracaju, 11 de julho de 2018.

Douglas Bomfim Lima
Biólogo



**INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO
ESTADO DE SERGIPE**

Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 3035/18

Revisão 00

Cliente	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR	Telefone	79 9 9901-2556
Endereço	RUA MANOEL CORREIA DE FARIAS, 1201	Contato(s)	EZIO DOS SANTOS PINTO JUNIOR
e-mail	ezio@itps.org.br	Fax	
Amostra(s)	AGUA MB	Recepção	30/07/18

Amostra	Efluente doméstico			Código	3035/18-01	Coleta em	30/07/18 10:00
Ensaio	Resultado	Unidade	LQ	Método		Data do Ensaio	
Coliformes Termotolerantes	2,2 X 10 ⁴	NMP/100mL	--	SMEWW9221B		30/07/18	

Legenda

NMP: Número Mais Provável.

SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 23ª. ed., Washington, 2017.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Aracaju, 06 de agosto de 2018.

Douglas Bomfim Lima
Biólogo

ANEXO B- Resultados das Análises físico-química da água da Deso e do Efluente.

DATA	HORA	Água da DESO pH	Água da DESO CE(μS)	Água da DESO %O2	Efluente pH	Efluente CE(μS)	Efluente %O2
12/06/2018	08:40	7,56	0,417	22,2	-	-	-
13/06/2018	07:10	7,28	0,402	6	-	-	-
14/06/2018	07:11	7,48	0,416	7,9	-	-	-
15/06/2018	07:30	7,39	0,39	8,7	8,33	0,814	18,5
18/06/2018	07:22	-	-	-	8,24	0,821	6,1
19/06/2018	07:36	7,35	-	8,2	8,61	0,775	20,6
20/06/2018	07:15	7,32	0,386	8,4	8,87	0,735	12,6
21/06/2018	07:06	7,24	0,352	8,3	-	-	-
22/06/2018	07:08	7,23	0,376	11,3	8,26	0,732	22,07
25/06/2018	07:26	7,16	0,339	8,4	-	-	-
26/06/2018	07:13	7,11	0,347	9,1	8,33	0,732	20,5
27/06/2018	07:02	7,33	0,335	9,3	8,59	0,716	37,2
28/06/2018	06:59	8,03	0,31	8,5	8,9	0,686	20,8
02/07/2018	07:13	7,24	0,378	11,78	8,2	0,73	22,08
03/07/2018	07:22	7,46	0,341	9,5	7,48	0,734	11,1
04/07/2018	08:27	7,61	0,347	9,3	8,46	0,633	24
05/07/2018	07:11	7,48	0,354	7,5	8,49	0,686	17,5
06/07/2018	07:18	7,16	0,338	8,6	9,31	0,582	36,8
09/07/2018	07:25	7,1	0,397	-	8,17	0,727	25,7
10/07/2018	07:19	-	-	-	8,35	0,702	10,2
11/07/2018	08:32	7,19	0,37	33,5	6,65	0,635	43,8
12/07/2018	08:38	7,09	0,399	14,6	8,1	0,794	20,3
13/07/2018	07:15	7,24	0,377	9,5	8,72	0,717	22,1
16/07/2018	07:18	7,18	0,407	15,3	8,25	0,735	22,02
17/07/2018	07:38	7,08	0,42	11,6	7,69	0,823	17,1
18/07/2018	07:20	7,32	0,373	11,2	8,3	0,723	21,45
19/07/2018	07:03	7,06	0,389	13,5	8,98	0,712	36,8
20/07/2018	07:58	6,96	0,376	10,2	7,85	0,81	9,4
23/07/2018	07:37	7,03	0,452	12,4	8,21	0,785	58,1
24/07/2018	07:07	7,02	0,386	11,2	7,54	0,878	10,5
25/07/2018	07:18	7,03	0,393	11,9	7,31	0,769	7,2
26/07/2018	06:50	7,02	0,419	11,6	8,85	0,724	20,7
27/07/2018	07:04	7,155	0,389	21,6	8,27	0,736	22,03
30/07/2018	07:09	7,26	0,381	11,6	8,3	0,742	22,05
31/07/2018	07:28	7,24	0,377	11,72	8,12	0,733	22,1

- não houve coleta de dado.

Fonte: Acervo do autor, 2018.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE



Eu, Ana Lúcia Lopes Santos estou ciente e autorizo a pesquisadora Elaine Barbosa de Souza, a realizar o estudo em nível de mestrado desenvolvido pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA no **Centro de Excelência Professor Hamilton Alves Rocha**, pesquisa intitulada **“Otimização de Recursos Naturais: Viabilidade do uso de Água Residuária na Agricultura Irrigada”**, cujo o objetivo geral da pesquisa consiste em: avaliar a viabilidade do reuso de água residuária provenientes de um sistema de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização na agricultura irrigada visando a otimização de recursos naturais. E os objetivos específicos serão a verificação da influência da utilização de águas residuárias tratada como fonte hídrica nas características agronômicas, microbiológicas da cultura do maxixe, e aplicar a Transversalidade no contexto Meio Ambiente e Saúde para alunos do ensino médio a ser desenvolvido através de aulas de química. Portanto, autorizo a aplicação do projeto através das aulas de química, bem como entrevistas e registros fotográfico com os discentes e docentes dessa unidade de ensino. Responsabilizando-me pela coleta de informações, uso das imagens e documentos extraídos no local.

Estou ciente dos objetivos da pesquisa e por este motivo autorizo o desenvolvimento das atividades propostas pelo pesquisador.

São Cristóvão/SE, 08, junho, 2018.

Ana Lúcia Lopes Santos

Diretor

CPF: 498.431.505-97

Fone: 98815 8698